

## Dynamika produkcji biomasy w runie lasu grądowego *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*

Seasonal changes in the understorey biomass of an oak-hornbeam forest  
*Galio sylvatici-Carpinetum betuli*

Andrzej M. Jagodziński<sup>1,2</sup>✉, Katarzyna Pietrusiak<sup>2</sup>, Mateusz Rawlik<sup>2</sup>, Sławomir Janyszek<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instytut Dendrologii PAN, ul. Parkowa 5, 62–035 Kórnik; <sup>2</sup> Uniwersytet Przyrodniczy, Katedra Łowiectwa i Ochrony Lasu, Zakład Ochrony Lasu, ul. Wojska Polskiego 71C, 60–625 Poznań; <sup>3</sup> Uniwersytet Przyrodniczy, Katedra Botaniki, ul. Wojska Polskiego 71C, 60–625 Poznań

✉ Tel. +48 61 8170033, fax: +48 61 8170033, e-mail: amj@man.poznan.pl

**Abstract.** We studied seasonal changes in the understorey biomass of an oak-hornbeam forest association *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*. Samples were collected weekly during the most dynamic period of herbaceous layer development (April–May 2010), and every two weeks for the remainder of the growing season (June–October). Samples were collected from 10 randomly selected localities of 0.36 m<sup>2</sup> within the plant community. The plants harvested were separated by species, then oven-dried and weighed. There were statistically significant differences in aboveground understorey biomass during the time between harvests. For example, the lowest plant biomass (produced in 2010 and previous years) was found on April 3<sup>rd</sup> (37.2 kg/ha), whereas the two highest were on May 1<sup>st</sup> (308.1 kg/ha) and June 12<sup>th</sup> (337.6 kg/ha). The lowest biomass of plants produced in 2010 was on April 3<sup>rd</sup> (13.0 kg/ha) and the highest was on May 1<sup>st</sup> (259.8 kg/ha). When biomass of particular herbaceous plant species were analyzed, there was no one clearly dominant species. For example, from March 20<sup>th</sup> to May 22<sup>nd</sup> the biomass of *Ficaria verna* was the highest at ca. 36% of the total herbaceous layer plant biomass (range: 14.5–51.0%). During the next harvesting period (June–October), there were a few dominant herbaceous plant species, e.g. *Geranium robertianum*, *Stachys sylvatica*, *Impatiens parviflora*, *Dryopteris dilatata*, *Dryopteris carthusiana*, *Dryopteris filix-mas*, and *Maianthemum bifolium*.

**Key words:** plant biomass, herbaceous layer, oak-hornbeam forest association, geophytes, seasonal changes.

### 1. Wstęp

Badania produktywności oraz ilościowych zmian stanu biomasy roślin w sezonie wegetacyjnym mają za zadanie, oprócz oceny ilości materii organicznej wyprodukowanej w określonym czasie przez rośliny, monitorowanie obiegu materii i przepływu energii w ekosystemie. Istotnym aspektem realizowanych badań jest pozyskanie informacji o możliwościach produkcyjnych zbiorowisk roślinnych (Kaźmierczakowa 1971; Parzych, Sobisz 2010). Zdaniem wielu badaczy produkcja biomasy przez rośliny runa leśnego jest dobrym wskaźnikiem żyzności gleby (Chapin 1980; Gilliam 1988; Gilliam, Roberts 2003).

Badania poruszające problematykę produktywności lasu rzadko zawierają szczegółową analizę możliwości produkcyjnych runa. Z dotychczas opublikowanych rezultatów badań wynika, że udział biomasy runa w stosunku do sumarycznej biomasy nadziemnej części ekosystemu leśnego jest niewielki (ok. 1–2%), jednakże znaczenie biomasy runa w kontekście krążenia makro- i mikroelementów jest nieproporcjonalnie większe, aniżeli udział jego masy w sumarycznej masie roślin w zbiorowisku leśnym (Yarie 1980; Muller 2003; Gilliam 2007). Na przykład Kaźmierczakowa (1971) wykazała, że roczna produkcja biomasy w lesie grądowym *Tilio-Carpinetum stachyetosum* wynosi ok. 11,3 t/ha, z czego produkcja biomasy w warstwie runa stanowi ok. 20% tej

wartości, mimo iż w okresie najbujniejszego wzrostu runa jego biomasa wynosi zaledwie 0,7% maksymalnej biomasy całego zbiorowiska. Współcześnie badania tego typu nabierają istotnego znaczenia chociażby w kontekście weryfikacji modeli matematycznych, w których na ogół pomija się „wkład” roślin runa leśnego w wiązanie CO<sub>2</sub> z atmosfery (Dixon et al. 1994; Widén 2002).

W klimacie umiarkowanym stan i produkcja biomasy roślin runa leśnego zależą od okresu wegetacyjnego. Jest to szczególnie widoczne w drzewostanach liściastych i mieszanych. Wiosną, kiedy drzewa znajdują się jeszcze w stanie bezlistnym, do dna lasu dociera znacznie więcej światła. Umożliwia to bujny rozwój geofitów (Rothstein, Zak 2001; Small, McCarthy 2002; Rawlik et al. 2012). Zgromadzone przez nie substancje zapasowe w organach podziemnych umożliwiają im dynamiczny rozwój wczesną wiosną, przed innymi konkurencyjnymi roślinami oraz przed rozwojem liści drzew (Dafni et al. 1981). Pojawienie się aparatu asymilacyjnego u roślin drzewiastych ogranicza dostęp światła do niższych warstw lasu, wpływając na warunki panujące w runie. Ograniczenie to powoduje zahamowanie rozwoju geofitów, a następnie stopniowe ich zamieranie. Wówczas ich miejsce zajmują rośliny tworzące aspekt letni lasu, które charakteryzują się znacznie mniejszą dynamiką rozwoju (Barbier et al. 2008).

Celem pracy było poznanie sezonowej zmienności stanu nadziemnej biomasy roślin runa leśnego w zbiorowisku grądowym *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*.

## 2. Materiały i metody

### Teren badań

Powierzchnia badawcza została zlokalizowana na terenie Nadleśnictwa Syców (RDLP w Poznaniu), w leśnictwie Wioska (współrzędne geograficzne dla środka powierzchni: 51°17'56''N, 17°44'4''E). Według regionalizacji przyrodniczo-leśnej obszar badań znajduje się w Krainie Śląskiej, Dzielnicy Wrocławskiej i Mezo-regionie Równiny Oleśnickiej (Trampl et al. 1990).

Zgodnie z danymi zawartymi w operacie glebowosiedliskowym (BULiGL 2000) obszar Nadleśnictwa Syców położony jest w strefie przejściowej pomiędzy nizinami a pasem wyżyn. W najcieplejszym miesiącu – lipcu – średnia temperatura wynosi 19°C, a w styczniu – najzimniejszym miesiącu –1,5°C. Cechą charakterystyczną tego terenu jest nagły, występujący głównie w maju, spadek temperatur. Średnia roczna temperatura waha się w zakresie od 8,0°C do 8,5°C. Suma rocznych opadów waha się od 500 do 600 mm, przy czym 65% sumy rocznych opadów stanowią opady letnie. W okolicach Wzgórz Ostrzeszowskich zaobserwować można

cechy charakterystyczne dla klimatu kontynentalnego, a długość sezonu wegetacyjnego na tym obszarze wynosi 210 dni (BULiGL 2000).

Zbiór materiału roślinnego dokonano w wydzieleniach 82c oraz 82g, będących częścią kompleksu leśnego pełniącego funkcję lasu ochronnego, położonego w pobliżu Parku Miejskiego w Sycowie. Dzięki umiejscowieniu powierzchni doświadczalnej w lesie gospodarczym na obrzeżach parku była ona w stosunkowo niewielkim stopniu narażona na penetrację przez ludzi.

Wyznaczona powierzchnia badawcza swoim zasięgiem nie obejmowała całego obszaru wydzieleni 82c oraz 82g, a jedynie ich części (2,24 ha). W wydzieleniu 82c występuje 65-letni drzewostan *Fraxinus excelsior* (udział – 60%, przeciętna pierśnica – 33 cm, przeciętna wysokość – 26 m), gatunkami domieszkowymi są: *Quercus robur* (udział – 30%, przeciętna pierśnica – 31 cm, przeciętna wysokość – 25 m) i *Acer pseudoplatanus* (udział – 10%, przeciętna pierśnica – 32 cm, przeciętna wysokość – 25 m), a pojedynczo występują: *Tilia platyphyllos*, *T. cordata*, *Betula pendula* i *Carpinus betulus*. Na 70% powierzchni występuje podszyt, który tworzą: *C. betulus*, *Corylus avellana*, *A. pseudoplatanus*, *Sorbus aucuparia*, *Sambucus nigra* i *Padus avium*. W wydzieleniu 82g dominującym gatunkiem jest *Q. robur* w wieku 140 lat, o przeciętnej pierśnicy 53 cm i wysokości 29 m i 50% udziale w składzie gatunkowym. Gatunkami domieszkowymi w drzewostanie są *T. cordata*, *Fagus sylvatica* i *C. betulus*. Podszyt występuje na ok. 70% powierzchni i tworzą go takie same gatunki jak w wydzieleniu 82g. Zgodnie z danymi zawartymi w planie urządzenia lasu (BULiGL 2010) typ siedliskowy lasu na badanych powierzchniach określono jako las świeży (w wariacie silnie świeżym), wytworzony na glebach brunatnych kwaśnych. Pokrywa gleby została określona jako zielna. Runo w okresie wegetacyjnym jest bardzo bujne z wyraźnym aspektem wiosennym. Teren objęty badaniami przecina rów o szerokości 1 m, który w okresie letnim ulega częściowemu naturalnemu osuszeniu. Obecność tego cieku wpływa na wytworzenie swoistego mikroklimatu w wąskim pasie wzdłuż jego brzegów, sprzyjającego rozwojowi roślin o większych wymaganiach wilgotnościowych.

### Klasyfikacja fitosocjologiczna zbiorowiska

W czerwcu 2010 r. wykonano 10 zdjęć fitosocjologicznych, dokumentujących wszystkie wyróżnialne na terenie fizjonomiczne postacie badanego zbiorowiska leśnego, wykorzystując klasyczne metody fitosocjologiczne. Zastosowano skalę ilościowości Braun-Blanqueta w modyfikacji Barkmana i innych (1964). Zdjęcia zestawiono w tabelę synoptyczną (tab. 1). Klasyfikację syntaksonomiczną przyjęto za W. Matuszkiewiczem

**Tabela 1. Tabela fitosocjologiczna sporządzona dla grądu *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*. Objaśnienia: zn. – pokrycie znikome (1–4%), skala fitosocjologiczna Barkmana (Barkman et al. 1964) – 2a: 5,1–12,5%, 2b: 12,6–25,0%, 2m: liczne siewki o pokryciu poniżej 5%.**

Table 1. Phytosociological table for oak-hornbeam forest *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*. Explanations: zn. – minimal cover (1–4%), phytosociological scale according to Barkman (Barkman et al. 1964) – 2a: 5.1–12.5%, 2b: 12.6–25.0%, 2m: numerous seedlings covering less than 5%.

Nr kolejny zdjęcie Successive no. of relevé	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Liczba wystąpień / No. of occurrences	Stalność / Constancy		
Nr zdjęcia w terenie Relevé no.	1	10	2	5	9	4	8	7	6	3				
Data / Date: d-m-y	04-06-2010													
Typ próchnicy Humus layer type	mull	mull	moder	mull	mull	mull	mull	mull	mull	mull				
Zwarcie drzewostanu (a1+a2) w % Cover of tree layer (a1+a2) in %	80	95	90	70	70	95	50	50	80	90				
Zwarcie warstwy drzew (a1) w % Cover of tree layer (a1) in %	80	20	65	65	45	35	15	50	50	70				
Zwarcie warstwy drzew (a2) w % Cover of tree layer (a2) in %		80	25	10	60	75	45	5	50	30				
Zwarcie warstwy krzewów (b) w % Cover of shrub layer (b) in %	zn.	5	zn.	zn.	20	zn.	50	20	10	10				
Pokrycie warstwy zielnej (c) w % Cover of herb layer (c) in %	80	40	50	70	35	10	60	60	60	40				
Pokrycie warstwy mszystej (d) w % Cover of moss layer (d) in %	0	zn.	zn.	zn.	0	zn.	zn.	zn.	5	zn.				
Powierzchnia zdjęcia w m <sup>2</sup> Area of relevé in m <sup>2</sup>	150	150	120	300	200	300	150	150	300	200				
Liczba gatunków w zdjęciu No. of species in relevé	32	20	35	30	26	18	33	32	33	34				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			11	12
<b>Ch. All. <i>Carpinion betuli</i> (lok. Ch. Ass. <i>Galio sylvatici-Carpinetum</i>)</b>														
<i>Carpinus betulus</i>	a1	4.4	2b.3	2b.3	2a.	.	.	.	3.3	.	2b.1	6	III	
<i>Carpinus betulus</i>	a2	.	5.4	.	2a.3	4.1	5.4	3.3	1.1	4.4	3.2	8	IV	
<i>Carpinus betulus</i>	b	.	1.2	r	+2	2b.3	+	2b.3	2a.1	2a.1	1.3	9	V	
<i>Carpinus betulus</i>	c	1.1	+	2m.2	+	+	.	2a.	1.1	+	2a.1	9	V	
<i>Carpinus betulus</i> s.	c	.	+	+1	+	r	2m.1	.	+	r	r	8	IV	
<i>Dactylis polygama</i>	c	+2	.	.	.	.	.	+2	r	.	r	4	II	
<i>Corylus avellana</i>	b	.	.	+	.	.	.	2b.3	.	2a.3	+	5	III	
<i>Corylus avellana</i>	c	.	.	r	.	.	.	r	.	.	.	2	I	
<b>Ch. All. <i>Fagion sylvaticae</i></b>														
<i>Fagus sylvatica</i>	b	+2	.	.	.	.	r	.	r	.	.	3	II	
<i>Fagus sylvatica</i> juv.	c	.	.	r	r	.	.	.	.	+	r	4	II	
<i>Fagus sylvatica</i> s.	c	.	.	.	r	.	.	.	.	+	r	3	II	
<b>Ch. O. <i>Fagetalia sylvaticae</i></b>														
<i>Acer pseudoplatanus</i>	a1	.	2a.3	.	2b.	+2	.	.	2b.3	2b.3	.	5	III	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	a2	.	.	.	.	.	.	2a.1	.	.	.	1	I	
<i>Acer pseudoplatanus</i>	b	.	1.2	.	.	1.1	+	2a.1	2b.1	+	2a.3	7	IV	
<i>Acer pseudoplatanus</i> juv.	c	1.1	2b.1	.	1.1	r	1.1	2b.1	1.1	+	2a.1	10	V	
<i>Acer pseudoplatanus</i> s.	c	.	1.1	+	+	+	2m.1	.	+	2m.1	r	8	IV	
<i>Viola reichenbachiana</i>	c	+	+	+2	+	.	r	.	r	+2	r	8	IV	
<i>Adoxa moschatellina</i>	c	.	+3	.	+3	r	.	r	+	2b.1	r	7	IV	
<i>Atrichum undulatum</i>	d	.	+2	.	+2	.	+3	+3	+3	1.3	+2	7	IV	
<i>Impatiens noli-tangere</i>	c	1.2	.	r	3.1	1.1	.	2b.1	.	.	r	6	III	
<i>Milium effusum</i>	c	+2	2a.2	.	+	r	.	.	+	.	1.3	6	III	
<i>Stachys sylvatica</i>	c	.	.	.	+3	1.3	.	.	.	.	.	2	I	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>Ch. Cl. <i>Quercus-Fagetea</i></b>														
<i>Fraxinus excelsior</i>	a1	.	.	.	2a.	1.2	2a.	2a.3	1.3	3.1	2b.1		7	IV
<i>Fraxinus excelsior</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.		1	I
<i>Fraxinus excelsior</i> s.	c	+2	r	+	+	+	2m.1	.	r	.	.		7	IV
<i>Fraxinus excelsior</i> juv.	c	+	+	r	r	1.1	r	+	+	1.1	r		10	V
<i>Acer platanoides</i>	a1	.	.	3.3	.	.	1.1	.	.	.	2b.1		3	II
<i>Acer platanoides</i>	a2	.	.	.	.	1.1	.	2b.1	.	.	.		2	I
<i>Acer platanoides</i>	b	1.2	.	.	.	+	.	r	r	+	.		5	III
<i>Acer platanoides</i> juv.	c	+	+	+	+	r	+	r	+	+	r		10	V
<i>Acer platanoides</i> s.	c	.	.	+	+	.	2m.1	.	r	r	+		6	III
<i>Poa nemoralis</i>	c	+2	1.2	+2	1.2	.	.	+	+	r	+		8	IV
<i>Aegopodium podagraria</i>	c	1.3	.	.	.	1.2	.	.	.	.	.		2	I
<i>Euonymus europaeus</i>	c	.	r	.	.	r	.	+	r	r	.		5	III
<b>Ch. Cl. <i>Artemisietea vulgaris</i></b>														
<i>Galium aparine</i>	c	1.2	r	r	1.1	.	r	+2	+	1.3	r		9	V
<i>Allaria petiolata</i>	c	r	r	.	+2	+2	.	+	+2	+	.		8	IV
<i>Impatiens parviflora</i>	c	4.4	2a.1	2b.1	.	1.1	1.1	.	2b.1	2b.1	2a.1		8	IV
<i>Geranium robertianum</i>	c	3.4	r	1	.	+	.	1.1	+2	+	.		7	IV
<i>Chaerophyllum temulum</i>	c	+1	.	r	.	.	.	r	r	.	.		4	II
<i>Chelidonium majus</i>	c	+2	.	r	.	r	.	.	.	.	.		4	II
<i>Glechoma hederacea</i>	c	.	.	.	.	.	.	+2	+	.	1.3		4	II
<i>Galeopsis pubescens</i>	c	.	.	.	1.3	.	.	.	+2	+2	.		3	II
<i>Geum urbanum</i>	c	+1	.	.	r	.	.	+2	.	.	.		3	II
<i>Urtica dioica</i>	c	+2	.	.	.	.	.	+2	.	.	.		2	I
<i>Rubus idaeus</i>	c	.	.	.	.	+2	.	2b.3	.	.	.		2	I
<b>Gatunki towarzyszące – Accompanying species</b>														
<i>Quercus robur</i>	a1	.	.	5.3	1.1	3.4	2a.2	2a.3	.	.	.		5	III
<i>Quercus robur</i>	c	.	r	r	r	.	r	r	r	.	.		6	III
<i>Aesculus hippocastanum</i>	a1	2b.3	.	.	.	.	.	.	.	.	.		1	I
<i>Aesculus hippocastanum</i>	a2	.	.	2b.3	.	.	.	.	.	.	.		1	I
<i>Aesculus hippocastanum</i> juv.	c	.	.	r	.	r	.	.	.	.	.		2	I
<i>Aesculus hippocastanum</i> s.	c	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.		2	I
<i>Robinia pseudoacacia</i>	a2	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.		2	I
<i>Robinia pseudoacacia</i> juv.	c	.	.	.	r	.	.	.	.	r	.		3	II
<i>Tilia platyphyllos</i> juv.	c	+	.	+	.	r	+	r	r	.	.		6	III
<i>Rubus fruticosus</i> (sp. coll.)	c	.	r	+2	1.2	r	r	.	+	r	+		8	IV
<i>Dryopteris carthusiana</i>	c	r	.	+	r	.	+	+2	r	+2	1.1		8	IV
<i>Oxalis acetosella</i>	c	+2	.	+2	+3	.	+3	.	1.3	.	+		6	III
<i>Moehringia trinervia</i>	c	r	.	r	+	.	+	.	+	+2	+		7	IV
<i>Maianthemum bifolium</i>	c	+2	+	2b.3	.	+2	.	.	.	r	r		6	III
<i>Padus avium</i>	b	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.		1	I
<i>Padus avium</i>	c	.	.	r	r	+	.	r	+	.	.		6	III
<i>Prunus serotina</i>	c	r	.	.	r	.	.	.	.	r	r		4	II
<i>Athyrium filix-femina</i>	c	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+		3	II
<i>Sambucus nigra</i>	b	.	.	.	.	.	.	+	.	+	r		3	II
<i>Sambucus nigra</i>	c	.	r	.	r	+	.	.	.	+	.		4	II
<i>Tilia</i> sp. s.	c	.	+	.	r	.	r	.	.	r	.		4	II
<i>Brachythecium rutabulum</i>	d	.	.	r	r	.	.	.	r	.	.		4	II
<i>Rubus caesius</i>	c	.	.	+2	.	.	.	+2	.	.	.		3	II
<i>Ulmus laevis</i>	c	.	.	.	.	r	.	r	.	.	r		3	II
<i>Crataegus monogyna</i>	c	.	.	.	r	.	r	.	.	.	r		3	II

### Gatunki sporadyczne – Sporadic species

**Ch. All. *Carpinion betuli* (lok. Ch. Ass. *Galio sylvatici-Carpinetum*):** *Tilia cordata* b 1 (r), 8 (r), *T. cordata* c 8 (r);

**Ch. Cl. *Quercu-Fagetea* (incl. Ch. O. *Fagetalia sylvaticae*, Ch. All. *Fagion sylvaticae*, Ch. All. *Alno-Ulmion*):** *Ulmus minor* b 1 (r), *U. minor* c 5 (r), *Plagiomnium undulatum* d 9 (1), *Acer campestre* c 3 (r), *Populus tremula* c 3 (r), *Dryopteris filix-mas* 3 (+), 10 (r), *Ribes spicatum* b 6 (r), *R. spicatum* c 7 (r), 9 (+), *Scrophularia nodosa* 7 (r), 8 (r), *Carex digitata* 9 (+), *Anemone nemorosa* 9 (r), *Carex sylvatica* 10 (r), *Crataegus laevigata* 7 (r);

**Ch. Cl. *Artemisietea vulgaris*:** *Lamium maculatum* 1 (2a).

**Gatunki towarzyszące – Accompanying species:** *Stellaria media* 10 (r), *Sorbus aucuparia* b 1 (+), 10 (r), *S. aucuparia* c 3 (r), *Tilia platyphyllos* b 6 (r), 9 (+), *Ajuga reptans* 1 (+), 7 (1), *Dryopteris carthusiana* 3 (1), 7 (r), *Geum rivale* 6 (r), 10 (r), 4 (r), *Lysimachia vulgaris* 5 (r), 7 (+), *Poa trivialis* 1 (r), 9 (r), *Scleropodium purum* d 3 (r), 10 (r), *Dicranella heteromalla* d 4 (r), 8 (r), *Fraxinus pennsylvanica* a1 10 (2), *Picea abies* a1 3 (2a), *Quercus rubra* 9 (r), *Robinia pseudoacacia* s., *Mycelis muralis* 8 (+), *Viola canina* 7 (+), *Betula pendula* a1 9 (+), *B. pendula* a2 3 (+), *Polytrichum formosum* d 10 (r).

(2007), natomiast przy klasyfikacji do podzespołu posłużono się pracą J. M. Matuszkiewicza (2001). Nazewnictwo roślin przyjęto za Rutkowskim (2006).

### Zbiór roślin w terenie i prace laboratoryjne

Stan biomasy runa określano na podstawie materiału roślinnego zbieranego z powierzchni próbných od 20 marca do 2 października 2010 r. (18 terminów). Od 20 marca do 29 maja rośliny zbierano co 7 dni, a następnie co 14 dni. Początkowe zwiększenie częstości pobierania materiału miało na celu zarejestrowanie dynamicznych zmian zachodzących w runie w okresie wiosennym. Szczególne znaczenie ma to w przypadku zespołów, w których obserwuje się geofity.

W każdym terminie materiał zbierano z 10 losowo rozmieszczonych ramek (powtórzeń), we względnie jednorodnych warunkach topograficznych, zaznaczając miejsce poboru roślin na uproszczonej mapie i unikając nakładania się miejsc zbioru roślin w kolejnych terminach. Pojedyncza próba obejmowała zbiór roślin z powierzchni ograniczonej metalową ramką w kształcie kwadratu o wymiarach 0,6×0,6 m (0,36 m<sup>2</sup>). Podczas lokalizacji prób w terenie unikano wydeptanych ścieżek, zwartych kęp odnowień naturalnych oraz stert martwych gałęzi czy buchtowisk dzików. Za pomocą nożyczek i sekatora pobierano, ucinając równo z powierzchnią gleby, wszystkie rośliny (w tym rośliny drzewiaste o wysokości do 0,5 m), które wyrastały wewnątrz ramki. Osobniki, które wyrastały poza obszarem zbioru, a których część znajdowała się wewnątrz ramki, nie były uwzględniane. Natomiast te rośliny, które wyrastały wewnątrz ramki, czyli w obszarze próby, wycinano i traktowano jako część zbioru. Przyjęto założenie, że znajdujące się wewnątrz ramki fragmenty roślin rosnących poza nią równoważą będące poza granicami zbioru fragmenty osobników wyrastających na powierzchni objętej zbiorem. Rośliny były rozdzielane na poszczególne gatunki. Zebrany materiał umieszczano w oddzielnych, odpowiednio opisanych kopertach. W te-

renie oddzielano biomasę roślin drzewiastych i zielnych wieloletnich wytworzoną w 2010 r. od tej wytworzonej w latach poprzednich. W celu dokonania oceny zmian stanu biomasy roślin zielnych wyprodukowanej w sezonie wegetacyjnym 2010 r. z zebranego materiału wyłączono biomasę roślin drzewiastych (siewki i starszy nalot) oraz biomasę roślin zielnych wyprodukowaną przed 2010 r. Ze względu na to, iż w niektórych miejscach poboru materiału roślinnego występowały tylko rośliny drzewiaste, liczba prób uwzględnionych w analizie wahała się od 7 do 10.

Zebrany materiał przewożono do Instytutu Dendrologii PAN w Kórniku, gdzie był suszony w temperaturze 65°C do stałej masy (co najmniej 7 dni) w suszarkach z wymuszonym obiegiem powietrza (ULE 600; Memmert GmbH+Co.KG, Niemcy), a następnie ważony. Sumaryczne masy osobników danego gatunku z każdej spośród zebranych prób określano oddzielnie z dokładnością do 0,001 g za pomocą wag BP 210 S oraz Mettler Toledo PG 1003-S.

### Analizy statystyczne

Różnice statystyczne masy roślin w analizowanych terminach zbioru określono za pomocą jednoczynnikowej analizy wariancji (ANOVA), a średnie porównano za pomocą testu Tukeya. Błąd standardowy określono skrótem SE, a współczynnik zmienności skrótem CV. Masę osobników każdego gatunku odnoszono do wszystkich zebranych prób, nawet w przypadku, kiedy dany gatunek nie pojawiał się we wszystkich pobranych próbach. Bez względu na liczbę prób, w jakich gatunek występował, średnią masę osobników tego gatunku obliczano tak, jakby występował w każdej zebranej próbie. Do przeprowadzenia analiz statystycznych wykorzystano program JMP (SAS Institute, Cary, NC, USA).

### 3. Wyniki

#### Stosunki fitosocjologiczne

Na podstawie wykonanych zdjęć fitosocjologicznych zdiagnozowano na powierzchni doświadczalnej występowanie grądu środkowoeuropejskiego w dwóch podzespołach: *Galio sylvatici-Carpinetum typicum* oraz *Galio sylvatici-Carpinetum corydaletosum*, zw. *Carpinion betuli*, rząd *Fagetalia sylvaticae*, kl. *Querceto-Fagetea* (tab. 1).

Zbiorowisko roślinne porastające obszar badań jest mało zróżnicowane florystycznie i wykazuje cechy wyraźnego zubożenia. W badanych płatach brak gatunków charakterystycznych ściśle dla *Galio sylvatici-Carpinetum*, a o zaliczeniu badanych powierzchni do tego właśnie zespołu decyduje przede wszystkim znaczny udział ilościowy *Carpinus betulus* oraz występowanie *Dactylis polygama*, uznawanej za gatunek charakterystyczny dla związku *Carpinion betuli*. Innym gatunkiem przypisywanym do tego związku jest *Corylus avellana*, jednak jej powiązania z grądami na obszarze Wielkopolski są słabo widoczne – gatunek ten często występuje tutaj w łęgach i olsach. Ponadto za przynależnością badanych płatów do zespołu grądu przemawia bardzo mały udział gatunków charakterystycznych dla innych typów mezotroficznych lasów: łęgów (zw. *Alno-Ulmion*) i buczyn (*Fagion*).

Przyporządkowanie badanych płatów do podzespołu jest problematyczne. Ze względu na sytuację topograficzną i hydrologiczną (położenie w dolinie kilku strumieni oraz wysoki poziom wód gruntowych) można by spodziewać się, że badane płaty reprezentować powinny najwilgotniejszą postać grądu – grąd kokoryczowy *G.s.-C. corydaletosum*, jednakże w badanych płatach występowało bardzo mało geofitów, a ich zasięg ograniczony był do bezpośredniego sąsiedztwa strumienia. Na opisywanym terenie brakowało także gatunków wyróżniających inne „skrzydłowe” podzespoły grądu, takie jak ubogie grądy kwaśne *G.s.-C. polytrichetosum*, czy też suche grądy wysokie *G.s.-C. lathyretosum*. Tym samym, na podstawie kombinacji florystycznej, omawiane płaty zaliczyć trzeba do podzespołu typowego *Galio sylvatici-Carpinetum typicum*.

Należy zwrócić uwagę, że nie da się rozstrzygnąć, czy takie wykształcenie się fitocenozy jest jedynie efektem wpływu warunków biotopu, czy też brak gatunków wyróżniających podzespoły wynika z wyraźnie widocznego zubożenia florystycznego, które może być skutkiem antropopresji (okresowego silnego przerzedzenia, podokapowego wypasu, a nawet wytopienia roślin na skutek zbierania do celów dekoracyjnych). Oddziaływania takie są bardzo prawdopodobne w lesie przylegającym do kompleksu parkowego położonego w

pobliżu terenów miejskich. Za drugim z przedstawionych powodów braku roślin wyróżniających grądy niskie przemawia również fakt, że w runie bardzo słabo reprezentowane są także te gatunki geofitów, które nie są związane ze szczególnie wilgotnymi siedliskami i w grądach typowych występują z reguły obficie, np. *Anemone nemorosa*, *Adoxa moschatellina*, a nawet *Hepatica nobilis*, która licznie występuje także na suchych siedliskach dąbrów. Takie postacie ubogich florystycznie grądów, o prawdopodobnie antropogenicznej genezie, znane są z obszaru całej Polski niżowej, a najbardziej uderzającym przykładem jest ubogi w geofity wiosenne grąd w rezerwacie Grabina na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego (Balcerkiewicz et al. 1992).

Poza wyraźnym zubożeniem florystycznym, badane zbiorowisko leśne nie nosi widocznych znamion innych form zniekształcenia zbiorowisk roślinnych. Jedynym wyraźnym śladem antropopresji jest występowanie na skraju drzewostanu kilku osobników drzewa obcego pochodzenia – *Aesculus hippocastanum* oraz jednostkowy udział dwóch innych gatunków inwazyjnych: *Padus serotina* oraz *Impatiens parviflora*. Dwa ostatnie z wymienionych gatunków występują na badanym obszarze stosunkowo nielicznie.

#### Dynamika stanu biomasy runa

W ciągu całego sezonu wegetacyjnego zebrano materiał obejmujący 57 gatunków roślin zielnych (33 gatunki) i drzewiastych (24 gatunki). Ponadto wśród zebranego materiału roślinnego znalazły się cztery gatunki mchów: *Atrichum undulatum*, *Brachythecium rutabulum*, *Polytrichum formosum*, *Pseudoscleropodium purum*.

Średnie stany masy roślin (wytworzone w 2010 r. i wcześniej) różnią się statystycznie istotnie w terminach, w których dokonano zbioru ( $p=0,0006$ ; tab. 2). Najmniejszy stan biomasy odnotowano 3 kwietnia (37,2 kg/ha), natomiast największą masę stwierdzono 12 czerwca (337,6 kg/ha), 1 maja (308,1 kg/ha), 15 maja (280,0 kg/ha) i 8 maja (279,5 kg/ha).

Analizując zmiany stanu biomasy roślin zielnych wyprodukowanej w sezonie wegetacyjnym 2010 r., stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy nimi w różnych terminach zbioru ( $p=0,0007$ ; tab. 2). Najmniejszy stan masy roślin tegorocznych odnotowano 3 kwietnia (13,0 kg/ha), największy zaś 1 maja (259,8 kg/ha), 12 czerwca (246,5 kg/ha) oraz 15 maja (245,4 kg/ha).

Najczęściej stwierdzonymi gatunkami w sezonie wegetacyjnym były: *Oxalis acetosella* (w 18 zbiorach), *Moehringia trinervia* (17), *Geranium robertianum* (16), *Impatiens parviflora* (14) oraz *Maianthemum bifolium*

**Tabela 2. Średnia masa roślin wszystkich gatunków (zielnych i drzewiastych, wyprodukowana w 2010 roku i wcześniej) oraz roślin zielnych (wyprodukowana w 2010 roku)**

Table 2. Mean biomass of all plants (herbaceous and woody species, produced in the year 2010 and previous years) and herbaceous plants (produced in the year 2010)

Data zbioru Date of biomass harvesting	Dzień roku Day of year	Masa roślin (kg/ha) Plant biomass (kg/ha)					Masa roślin zielnych (kg/ha) Biomass of herbaceous plants (kg/ha)				
		min.	max.	średnia mean	SE	CV (%)	min.	max.	średnia mean	SE	CV (%)
20.03.	79	19,2	469,1	105,4 ab	42,2	126,7	1,8	108,7	33,1 ab	11,2	101,8
03.04.	93	2,9	87,9	37,2 b	8,6	73,0	0,0	34,5	13,0 b	3,7	91,1
10.04.	100	81,0	792,3	214,9 ab	73,9	108,7	26,8	436,5	110,5 ab	37,9	108,4
17.04.	107	91,5	505,1	219,1 ab	42,3	61,0	4,5	351,4	169,7 ab	34,5	64,3
24.04.	114	18,9	573,0	210,5 ab	59,6	89,5	1,8	549,7	173,3 ab	61,2	111,7
01.05.	121	28,7	449,4	308,1 a	44,3	45,4	89,8	384,1	259,8 a	37,0	42,7
08.05.	128	28,7	695,6	279,5 ab	61,0	69,1	16,1	569,3	226,0 ab	54,5	76,2
15.05.	135	22,6	731,1	280,0 ab	67,4	76,1	83,8	662,0	245,4 a	63,3	77,4
22.05.	142	30,8	654,7	182,4 ab	61,2	106,1	1,1	572,9	129,1 ab	55,1	134,8
12.06.	163	30,5	821,6	337,6 a	76,3	71,5	0,1	794,8	246,5 a	76,8	98,6
26.06.	177	83,1	482,6	253,3 ab	41,7	52,0	51,6	362,2	147,9 ab	29,5	63,0
10.07.	191	72,4	381,4	188,4 ab	38,7	65,0	15,6	377,4	130,1 ab	41,4	100,7
24.07.	205	41,0	363,8	219,0 ab	41,8	60,3	4,1	358,4	128,2 ab	39,3	96,8
07.08.	219	31,7	230,6	124,4 ab	21,8	55,5	2,4	230,6	79,5 ab	27,8	105,0
21.08.	233	22,3	220,7	121,6 ab	26,3	68,5	0,4	218,0	64,3 ab	29,5	121,4
04.09.	247	10,9	454,3	123,6 ab	45,9	117,5	1,1	344,9	64,8 ab	42,0	183,2
18.09.	261	13,7	644,1	119,9 ab	63,5	167,4	7,3	600,1	146,0 ab	83,9	151,9
02.10.	275	10,0	254,2	97,0 ab	24,1	78,6	3,8	216,1	42,6 ab	25,2	167,7
ANOVA				<i>F</i>	<i>P</i>				<i>F</i>	<i>P</i>	
<i>P&gt;F</i>				2,7129	0,0006				2,6858	0,0007	

(13) i *Viola reichenbachiana* (13). Jakkolwiek gatunki te obserwowane były w znacznej części spośród analizowanych terminów, to jednak udział ich biomasy w sumarycznej biomacie roślin zielnych nie był wysoki. Na przykład średni udział masy roślin *Oxalis acetosella* wynosił 2%, *Moehringia trinervia* – 3%, *Geranium robertianum* i *Impatiens parviflora* – po 6%, *Maianthemum bifolium* – 8%, a *Viola reichenbachiana* – 4% (tab. 3).

W analizowanych terminach odnotowano różne liczby gatunków roślin zielnych w obrębie prób (od 9 do 22; tab. 3). Analiza udziału poszczególnych gatunków w biomacie runa wskazała na dominację zaledwie kilku z nich, przy czym w trakcie sezonu wegetacyjnego ich dominacja zmieniała się. Na przykład biomasa *Ficaria verna* dominowała w ośmiu z 18 terminów zbioru (od 20.03. do 22.05., z wyjątkiem 01.05., kiedy był gatunkiem współdominującym), a jej obecność odnotowano łącznie w dziewięciu terminach. Średnia masa ziarnopłonu ze wszystkich terminów, w których został stwierdzony, wynosiła 48,2 kg/ha i wahała się od 5,5 kg/ha do 88,4 kg/ha. Średni udział biomasy roślin

tego gatunku wynosił 36,0% i wahał się w sezonie wegetacyjnym od 14,5 do 51,0% (tab. 3). Wyróżniającą się grupą roślin są paprocie: *Athyrium filix-femina*, *Dryopteris filix-mas*, *Dryopteris carthusiana*, które mimo iż zostały odnotowane zaledwie w 1–4 terminów, to udział ich biomasy w sumarycznej masie roślin zielnych zebranych w danym terminie był bardzo wysoki. Na przykład średni udział masy roślin *Athyrium filix-femina* (odnotowanej tylko 04.09.) wynosił 52,2%, średni udział biomasy *Dryopteris filix-mas* (odnotowanej w trzech terminach: 08.05., 07.08. i 18.09.) – 33,4%, natomiast średni udział biomasy *Dryopteris carthusiana* (odnotowanej w czterech terminach: 20.03., 17.04., 10.07. i 02.10.) – 25,9%.

Uzyskane wyniki pozwalają na prześledzenie zmian stanu biomasy poszczególnych gatunków w sezonie wegetacyjnym (tab. 3). Na przykład *Oxalis acetosella*, którego obecność stwierdzono we wszystkich terminach zbioru roślin, osiągnął maksymalny stan biomasy 15 maja (8,4 kg/ha), stanowiąc 3,4% sumarycznej masy roślin zebranych w tym terminie. Najwyższy udział tego gatunku (7,6%) w sumarycznej biomacie roślin zielnych

**Tabela 3. Średnia masa roślin zielnych (kg/ha) z podziałem na poszczególne gatunki oraz udział masy roślin danego gatunku w poszczególnych terminach w stosunku do sumarycznej masy roślin zebranych w danym terminie (%).**

Table 3. Mean plant biomass (kg/ha) of the particular herbaceous species and percent biomass of individual plant species by harvest period in relation to the total herbaceous plant biomass harvested on a given date (%).

Gatunek Species	Masa roślin (kg/ha) i udział masy roślin danego gatunku w sumarycznej masie (%) Plant biomass (kg/ha) and biomass share in total understorey biomass (%)																		
	20.03.	03.04.	10.04.	17.04.	24.04.	01.05.	08.05.	15.05.	22.05.	12.06.	26.06.	10.07.	24.07.	07.08.	21.08.	04.09.	18.09.	02.10.	
<i>Adoxa moschatellina</i>	0,46 (3,58)	15,14 (13,70)	18,97 (11,17)	3,03 (1,75)	48,14 (18,53)	9,73 (4,31)	27,32 (11,14)	11,98 (9,28)	3,42 (1,39)	4,32 (2,92)	0,32 (0,25)								
<i>Aegopodium podagraria</i>	1,60 (1,44)	1,86 (1,07)				6,33 (4,90)	1,11 (0,45)	2,21 (1,49)	8,46 (6,50)	5,06 (5,14)	6,59 (6,37)				0,16 (0,24)	9,38 (6,42)			
<i>Ajuga reptans</i>	2,40 (7,24)			11,19 (4,31)	34,66 (15,34)	28,98 (11,81)	10,50 (8,13)	1,20 (0,49)	11,42 (7,72)	2,52 (1,94)	3,37 (2,63)				1,65 (2,54)				
<i>Alliaria petiolata</i>	1,15 (3,46)	0,71 (0,64)	0,72 (0,42)	5,49 (2,11)	2,57 (1,14)	0,35 (0,14)	1,79 (1,39)	0,06 (0,02)	1,42 (1,09)	0,41 (0,32)					0,32 (0,22)				
<i>Anemone nemorosa</i>	2,32 (17,89)	5,16 (4,67)	16,56 (9,76)	4,26 (2,46)	37,14 (14,30)	9,09 (4,02)	2,81 (2,18)												
<i>Athyrium filix-femina</i>															36,44 (56,20)				
<i>Chaerophyllum temulum</i>				1,65 (0,95)				27,54 (11,17)	7,09 (4,80)					0,01 (0,02)					
<i>Chelidonium majus</i>	1,43 (1,29)			4,83 (1,86)													0,29 (0,68)		
<i>Dactylis polygama</i>								5,89 (2,39)						7,10 (8,92)					
<i>Dryopteris carthusiana</i>	2,15 (6,49)		7,77 (4,58)									37,74 (29,00)					27,01 (63,46)		
<i>Dryopteris dilatata</i>						5,13 (2,09)		11,11 (4,51)	35,47 (23,97)					35,80 (27,92)	10,10 (12,70)	7,59 (11,80)	1,49 (3,51)		
<i>Dryopteris filix-mas</i>						21,07 (9,32)								25,62 (32,23)			85,73 (58,70)		
<i>Ficaria verna</i>	15,92 (48,05)	5,51 (42,44)	55,56 (50,28)	79,49 (46,83)	88,41 (51,03)	37,74 (14,53)	55,73 (24,66)	76,16 (31,04)	18,95 (14,68)										
<i>Galeopsis pubescens</i>								0,08 (0,03)				0,63 (0,48)		1,50 (1,89)	1,81 (2,82)	0,52 (0,81)	5,72 (13,45)		
<i>Galium aparine</i>			3,64 (3,30)	0,97 (0,57)	1,60 (0,93)	7,13 (2,75)	0,54 (0,24)	0,34 (0,14)	2,34 (1,81)	0,40 (0,16)	0,10 (0,07)								
<i>Geranium robertianum</i>		0,45 (0,41)	0,92 (0,54)	9,74 (5,62)	4,20 (1,62)	8,47 (3,74)	26,58 (10,83)	7,16 (5,55)	50,83 (20,62)	16,78 (11,34)	5,95 (4,57)	7,33 (5,72)	2,72 (3,42)	6,07 (9,43)	1,21 (1,87)	0,24 (0,16)	2,21 (5,20)		





odnotowano 20 marca. Z kolei średnia masa roślin *Moehringia trinervia* wynosiła 3,2 kg/ha (zakres: od 0,01 do 16,6 kg/ha). Średni udział biomasy roślin tego gatunku wynosił 3,0% i wahał się od 0,02 (07.08.) do 14,7% (20.03.). Nieco rzadziej występującym gatunkiem był *Impatiens parviflora*. Masa roślin tego gatunku wahała się od 0,7 kg/ha (18.09.) do 39,8 kg/ha (12.06.) i wynosiła średnio 9,7 kg/ha. Udział biomasy roślin *Impatiens parviflora* w stosunku do sumarycznej biomasy wahał się w zakresie od 0,5% (18.09.) do 16,2% (12.06.).

#### 4. Dyskusja

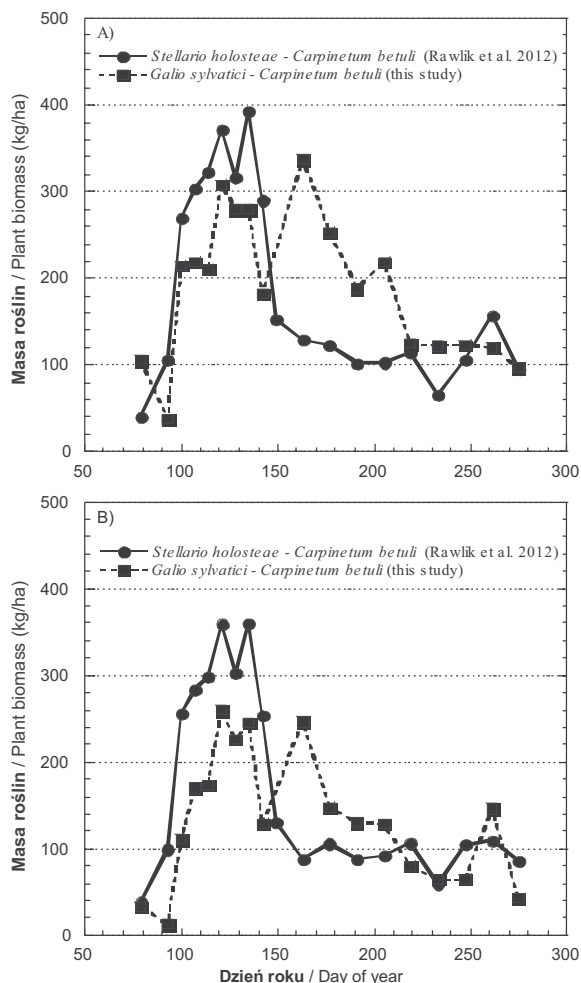
W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono statystycznie istotne różnice w stanie biomasy roślin runa leśnego w terminach, w których dokonano zbioru materiału. Wśród opublikowanych prac dotyczących sezonowych zmian stanu biomasy w runie zbiorowisk leśnych są takie, w których wykazano istnienie silnej korelacji pomiędzy terminem zbioru roślin a wielkością wyprodukowanej biomasy (np. Kaźmierczakowa 1971; Rawlik et al. 2012), jak i brak takiej zależności (np. Tremblay, Larocque 2001). Zróżnicowanie stanów biomasy roślin runa w różnych zbiorowiskach roślinnych w tym samym terminie może być znaczne. Potwierdzają to na przykład wyniki Kubička i Jurko (1975), którzy w sierpniu 1973 r. określili stany biomasy runa na obszarze Małych Karpat na Słowacji w pięciu zbiorowiskach leśnych różniących się warunkami wilgotnościowymi i troficznymi. W zbiorowisku *Luzulo-Fagetum* masa roślin runa wynosiła 41 kg/ha (bez uwzględnienia mszaków), w *Dentario-Fagetum* – 364 kg/ha, w *Aceri-Carpinetum* – 476 kg/ha, w *Carici pilosae-Carpinetum* – 691 kg/ha, natomiast w *Stellario-Alnetum* – 1364 kg/ha. Z kolei w zbiorowiskach roślinnych, w których runo tworzone jest głównie przez krzewinki i mchy, stany biomasy mogą przyjmować znacznie większe wartości. Na przykład z badań Parzych i Sobisza (2010) przeprowadzonych na terenie Słowińskiego Parku Narodowego wynika, że biomasa runa w zbiorowisku *Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis* wynosi 4745 kg/ha (z czego 24% stanowi biomasa mchów), natomiast w zbiorowisku *Empetro nigri-Pinetum* – 3393 kg/ha (z czego 29% stanowi biomasa mchów).

Przebieg zmian stanu biomasy runa (sumarycznej oraz wytworzonej w 2010 r.) w sezonie wegetacyjnym w badanych płatach *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* jest podobny. Biomasa runa wzrasta gwałtownie wczesną wiosną, przyjmuje wartości maksymalne w maju i do połowy czerwca, a następnie wyraźnie się obniża. Maksymalny stan biomasy z uwzględnieniem roślin drzewiastych wynosi ok. 300 kg/ha, natomiast maksymalny stan biomasy roślin zielnych wytworzonej w analizo-

wanym sezonie wegetacyjnym kształtuje się na poziomie ok. 250 kg/ha.

Porównanie z danymi literaturowymi wskazuje na to, że stany biomasy runa w zbiorowiskach grądowych mogą być bardzo zróżnicowane. Na przykład Kaźmierczakowa (1971) w zbiorowisku grądu niskiego *Tilio-Carpinetum stachyetosum* stwierdziła najwyższy stan biomasy runa na początku lipca (w 1965 roku – 660 kg/ha, a w roku 1967 – 270 kg/ha). Znaczna różnica stanów biomasy pomiędzy latami została najprawdopodobniej spowodowana działalnością grzybów patogenicznych w drugiej turze badań. W badanym przez nas grądzie środkowoeuropejskim najwyższy stan masy wszystkich roślin odnotowano 12 czerwca i wynosił on 337,6 kg/ha, natomiast najwyższy stan biomasy roślin zielnych wytworzonej w 2010 r. – 1 maja (259,8 kg/ha). Różnice w terminach, w których stwierdzono maksymalne stany biomasy, mogą wynikać ze składu gatunkowego runa, szczególnie zaś ze specyfiki wzrostu i rozwoju gatunków dominujących. W grądzie opisanym przez Kaźmierczakową (1971) dominującymi gatunkami pod względem masy były bowiem *Aegopodium podagraria*, *Stellaria holostea*, *Galium odoratum* i *Ranunculus lanuginosus*, czyli gatunki, które dynamicznie rosną tuż po zakończeniu okresu kwitnienia geofitów wiosennych i powodują łatwy do zaobserwowania efekt późnowiosennego „zazielenienia” dna lasu, bardzo charakterystyczny dla lasów grądowych i łęgowych. W grądzie w Nadleśnictwie Syców nie stwierdzono natomiast gatunku, który dominowałby przez cały sezon wegetacyjny. Okresowo największy udział w ogólnej masie roślin wykazano zaś dla *Ficaria verna* oraz *Impatiens parviflora*. Pierwszy z nich to geofit wczesnowiosenny, jedyny stale reprezentowany przedstawiciel tej typowej dla grądów grupy gatunków na badanej powierzchni. Drugi z gatunków to inwazyjny terofit, rozpoczynający swój wzrost stosunkowo późno i osiągnący maksimum zwarcia w czerwcu i na początku lipca (Piskorz, Klimko 2002; Piskorz 2005). Zapewne ten gatunek odpowiada za maksimum biomasy obserwowane w przypadku tej powierzchni w połowie czerwca (por. ryc. 1). W badanym przez nas grądzie występował również *Aegopodium podagraria*, jednak jego udział w sumarycznej biomasy był znacznie mniejszy niż w przypadku obserwacji Kaźmierczakowej (1971).

Tempo produkcji biomasy runa w sezonie wegetacyjnym oraz terminy, w których odnotowuje się maksymalne jej stany w danym zbiorowisku mogą być zróżnicowane w następujących po sobie latach. Na przykład Banasik (1978) stwierdziła najwyższy stan biomasy runa w grądzie średnio wilgotnym *Tilio-Carpinetum typicum* 14 lipca 1967 r. (433,4 kg/ha) oraz 4 czerwca 1968 r. (445,5 kg/ha), a stany zbliżone do maksymalnego odnotowano 26 maja 1967 roku (374,2 kg/ha) oraz



Rycina 1. Zmiany średniej masy A) roślin drzewiastych i zielnych wytworzonej w 2010 roku i wcześniej oraz B) masy roślin zielnych wytworzonej w 2010 roku w sezonie wegetacyjnym w dwóch zbiorowiskach roślinnych: *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* i *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*.

Figure 1. Changes in mean plant biomass of A) woody and herbaceous species produced in 2010 and previous years and B) herbaceous species produced in 2010 in two plant communities: *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* and *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* over the growing season.

3 maja 1968 roku (312,2 kg/ha). Wartości te są znacznie wyższe niż uzyskane w omawianym przez nas zbiorowisku *Galio sylvatici-Carpinetum betuli*, natomiast terminy, w których wykazano maksymalne stany biomasy – późniejsze. Z kolei w grądzie wilgotnym *Tilio-Carpinetum stachyetosum*, o znacznie mniejszym pokryciu warstwy runa, najwyższy stan biomasy cytowana autorka odnotowała już 23 kwietnia 1968 roku (243,0 kg/ha). Zarówno termin, jak i stan biomasy są zbliżone do wyników uzyskanych w grądzie *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* w Nadleśnictwie Syców. Z badań przeprowa-

dzonych przez Traczyk i Traczyka (1967) wynika, że w zbiorowiskach leśnych o znaczącym udziale geofitów, maksymalne stany biomasy runa przypadają na czerwiec–lipiec. W zbiorowisku grądu subkontynentalnego *Tilio-Carpinetum* autorzy ci odnotowali biomasa roślin runa w dwóch terminach: 28 kwietnia (121,6 kg/ha) i 8 lipca (338,2 kg/ha).

Porównanie wyników przedstawionych w niniejszej pracy z danymi Rawlika i innych (2012) z terenu Nadleśnictwa Różańsko wskazuje na to, iż maksimum stanu biomasy runa leśnego w zbiorowisku *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* ma miejsce w tym samym czasie, co w zbiorowisku *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* (koniec kwietnia–połowa maja; ryc. 1). Stan biomasy roślin runa, zarówno uwzględniający rośliny drzewiaste (nalot) i zielne (biomasa wytworzona w 2010 r. i wcześniej; ryc. 1A), jak i tylko rośliny zielne wyrosłe w 2010 r. (ryc. 1B), jest wyraźnie wyższy w płatach *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* badanych przez Rawlika i innych (2012) w porównaniu do płatów *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* w Sycowie w okresie maksymalnego stanu biomasy roślin runa w obu zbiorowiskach. Warto zwrócić uwagę na to, iż od drugiej dekady maja stan biomasy roślin w grądzie *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* przewyższa jednak biomasa roślin odnotowaną w tym czasie w grądzie *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* (do końca lipca). Maksymalny stan biomasy roślin zielnych wytworzonej w 2010 r. został odnotowany w grądzie *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* 1 maja i wynosił 259,8 kg/ha, natomiast w grądzie *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* – 15 maja i wynosił 378,4 kg/ha (Rawlik et al. 2012). Można przypuszczać, że w Sycowie obserwowane różnice spowodowane są przez wysoki udział w runie neofitycznego terofita *Impatiens parviflora*, który maksimum swego rozwoju osiąga na przełomie wiosny i lata (Piskorz, Klimko 2002; Piskorz 2005). Obecność tego gatunku może być również przyczyną obniżenia biomasy innych gatunków grądowych, w tym także taksonów decydujących o wiosennym maksimum biomasy w typowo wykształconych grądach (Balcerkiewicz et al. 1996).

Charakterystyka florystyczna wskazuje na różnice w składzie gatunkowym runa obu zbiorowisk. W runie grądu w Sycowie dość licznie występują gatunki roślin z klasy *Artemisietea vulgaris*, które nie są typowe dla lasów liściastych, a ich obecność może wynikać z położenia powierzchni badawczej w sąsiedztwie parku miejskiego, a tym samym wzmoczonej antropopresji. W runie grądu w Różańsku nie stwierdzono gatunków z klas innych niż *Quercio-Fagetea* (Rawlik et al. 2012). W Różańsku znacznie wyraźniej dominuje jeden z gatunków geofitów – *Anemone nemorosa*, który osiągnął najwyższy udział w sumarycznej biomasy roślin 10 kwietnia (85% biomasy), a najwyższy stan biomasy – 1 maja

(258,23 kg/ha; 75,4% ogólnej masy zebranych roślin). W grądzie *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* gatunkiem dominującym w aspekcie wiosennym był *Ficaria verna*, przewaga tego gatunku nie jest jednak tak wyraźna jak w grądzie *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli*. Maksymalna masa roślin ziarnopłonu w płatach *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* została osiągnięta 24 kwietnia i wyniosła 88,4 kg/ha, co stanowiło 51% ogólnej masy roślin w tym terminie zbioru. Podobny, choć nieco niższy udział *Ficaria verna* w ogólnej masie roślin notowany był od 20 marca. W obu zbiorowiskach zaznacza się zatem wczesnowiosenna dominacja geofitów, jednak są to różne gatunki mające odmienne wymagania siedliskowe. W runie grądu *Stellario holosteeae-Carpinetum betuli* po okresie dominacji geofitów masa roślin obniża się znacznie. Po obumarciu geofitów zaczynają dominować gatunki tworzące aspekt letni: *Galeobdolon luteum* oraz *Galium odoratum*. W runie grądu *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* w tym okresie stwierdzano więcej gatunków bez zaznaczonej dominacji któregośkolwiek z nich.

Na rozwój runa istotny wpływ wywiera skład gatunkowy drzewostanu, przede wszystkim zaś udział gatunków liściastych, który determinuje zmienne warunki świetlne w badanej fitocenozie. Wczesną wiosną, kiedy drzewa jeszcze nie rozwinęły liści, do dna lasu dociera więcej światła, co wykorzystują rośliny składające się na aspekt wiosenny. W badanym grądzie największą średnią masę roślin zielnych stwierdzono 1 maja, kiedy w runie dominowały geofity. W zbiorowiskach, w których nie odnotowano znaczącego udziału geofitów, najwyższy stan biomasy obserwuje się na ogół na przełomie czerwca i lipca w przypadku roślin dwuliściennych, natomiast w przypadku roślin jednoliściennych – w połowie września (Każmierczakowa 1971).

## 5. Podsumowanie

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono statystycznie istotne różnice w stanie biomasy roślin runa leśnego w sezonie wegetacyjnym. Najmniejsze stany sumarycznej biomasy runa (wraz z roślinami drzewiastymi) odnotowano 3 kwietnia (37,2 kg/ha), natomiast najwyższe 12 czerwca (337,6 kg/ha), 1 maja (308,1 kg/ha), 15 maja (280,0 kg/ha) i 8 maja (279,5 kg/ha). Uwzględniając tylko biomasę roślin zielnych wytworzoną w analizowanym sezonie wegetacyjnym, najmniejszy stan masy roślin stwierdzono 3 kwietnia (13,0 kg/ha), najwyższy zaś 1 maja (259,8 kg/ha), 12 czerwca (246,5 kg/ha) oraz 15 maja (245,4 kg/ha). Przedstawione dane wskazują na to, że mimo iż udział biomasy runa w odniesieniu do sumarycznej biomasy nadziemnej części zbiorowiska leśnego jest niewielki, to

tempo produkcji biomasy ma istotne znaczenie w krążeniu makro- i mikroelementów w ekosystemie. Największe stany biomasy runa oraz tempo jej produkcji w grądzie *Galio sylvatici-Carpinetum betuli* stwierdzone zostały wczesną wiosną, kiedy dostęp światła do dna lasu nie jest ograniczany przez rozwinięte liście drzew. We wzmożonej produkcji biomasy w okresie wiosennym istotną rolę odgrywają geofity, które produkują dużą ilość biomasy w stosunkowo krótkim czasie.

## Podziękowania

Dziękujemy Recenzentom za wnikliwe i wartościowe uwagi, które zostały wykorzystane podczas opracowania ostatecznej wersji artykułu.

## Literatura

- Balcerkiewicz S., Brzeg A., Kasprówicz M. 1992. Roślinność rezerwatów ścisłych Wielkopolskiego Parku Narodowego, w: Przyroda Wielkopolskiego Parku Narodowego. (red. L. Kaczmarek, B. Walna). Materiały z konferencji naukowej. Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Stacja Ekologiczna w Jeziorach, s. 91–96.
- Balcerkiewicz S., Brzeg A., Kasprówicz M. 1996. Roślinność rezerwatu „Pod Dziadem” w Wielkopolskim Parku Narodowym. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią – seria B*, 45: 79–120.
- Banasik J. 1978. Sezonowy rozwój i produkcja netto runa w dwóch płatach lasu grądowego Puszczy Niepołomickiej. *Studia Naturae – seria A*, 14: 67–134.
- Barbier S., Gosselin F., Balandier P. 2008. Influence of tree species on understory vegetation diversity and mechanisms involved – A critical review for temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 254 (1): 1–15.
- Barkman J.J., Doing H., Segal S. 1964. Kritische Bemerkungen und Vorschläge zur quantitativen Vegetationsanalyse. *Acta Botanica Neerlandica*, 13: 394–419.
- BULIGL 2000. Operat siedliskowo-glebowy dla Nadleśnictwa Syców wg stanu na 01.01.2000 na okres obowiązywania od 01.01.2000 do 31.12.2009. Biuro Urządzania Lasu i Geodezji Leśnej w Brzegu. Maszynopis w Nadleśnictwie Syców.
- BULIGL 2010. Plan Urządzenia Lasu dla Nadleśnictwa Syców wg stanu na 01.01.2010 na okres obowiązywania od 01.01.2010 do 31.12.2019. Biuro Urządzania Lasu i Gospodarki Leśnej w Brzegu. Maszynopis w Nadleśnictwie Syców.
- Chapin F.S. 1980. The mineral nutrition of wild plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 11: 233–260.
- Dafni A., Cohen D., Noy-Mier I. 1981. Life-cycle variation in geophytes. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 68 (4): 652–660.

- Dixon R.K., Brown S., Houghton R.A., Solomon A.M., Trexler M.C., Wisniewski J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science*, 263: 185–190.
- Gilliam F.S. 1988. Interactions of fire with nutrients in the herbaceous layer of a nutrient-poor Coastal Plain forest. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 115 (4): 265–271.
- Gilliam F.S. 2007. The ecological significance of the herbaceous layer in temperate forest ecosystems. *Bioscience*, 57: 845–858.
- Gilliam F.S., Roberts M.R. 2003. The herbaceous layer in forests of eastern North America. New York. Oxford University Press. ISBN: 0-19-514088-5.
- Kaźmierczakowa R. 1971. Ekologia i produkcja runa świetlistej dąbrowy i grądu w rezerwach Kwiatkówka i Lipny Dół na Wyżynie Małopolskiej. *Studia Naturae*, 15: 1–107.
- Kubiček F., Jurko A. 1975. Estimation of the above-ground biomass of the herb layer in forest communities. *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica*, 10: 113–129.
- Matuszkiewicz J.M. 2001. Zespoły leśne Polski. Warszawa. WN PWN. ISBN: 83-01-13401-1
- Matuszkiewicz W. 2007. Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. Warszawa. PWN. ISBN: 978-83-01-14439-5.
- Muller R.N. 2003. Nutrient relations of the herbaceous layer in deciduous forest ecosystems, w: The herbaceous layer in forests of eastern North America. (red. F.S. Gilliam, M.R. Roberts). New York. Oxford University Press, s. 15–37. ISBN: 0-19-514088-5.
- Parzych A., Sobisz Z. 2010. Biomasa i produkcja pierwotna netto roślin runa w wybranych zespołach leśnych Słowińskiego Parku Narodowego. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 42: 72–83.
- Piskorz R. 2005. The effect of oak-hornbeam diversity on flowering and fruiting of *Impatiens parviflora* DC. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – Botanica Steciana*, 373 (9): 187–196.
- Piskorz R., Klimko M. 2002. Fenologia *Impatiens parviflora* DC. w silnie prześwietlonym gradzie środkowoeuropejskim na lokalnym stanowisku w Wielkopolskim Parku Narodowym. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – Botanika*, 347 (5): 135–144.
- Rawlik M., Jagodziński A.M., Janyszek S. 2012. Sezonowe zmiany stanu biomasy w runie lasu grądowego *Stellario holostea-Carpinetum betuli*. *Leśne Prace Badawcze*, 73 (3): 221–235.
- Rothstein D.E., Zak D.R. 2001. Photosynthetic adaptation and acclimation to exploit seasonal periods of direct irradiance in three temperate, deciduous-forest herbs. *Functional Ecology*, 15: 722–731.
- Rutkowski L. 2006. Klucz do oznaczania roślin naczyniowych Polski niżowej. Warszawa. PWN. ISBN: 978-83-01-14342-8.
- Small C.J., McCarthy B.C. 2002. Spatial and temporal variability of herbaceous vegetation in an eastern deciduous forest. *Plant Ecology*, 164: 37–48.
- Traczyk H., Traczyk T. 1967. Tentative estimation of the production of herb layer. *Ekologia Polska*, 15 (46): 823–835.
- Trampler T., Kliczkowska A., Dmyterko E., Sierpińska A. 1990. Regionalizacja przyrodniczo-leśna na podstawach ekologiczno-fizjograficznych. Warszawa. PWRiL. ISBN: 83-913320-6-3.
- Tremblay N.O., Larocque G.R. 2001. Seasonal dynamics of understory vegetation in four eastern Canadian forest types. *International Journal of Plant Sciences*, 162 (2): 271–286.
- Widén B. 2002. Seasonal variation in forest-floor CO<sub>2</sub> exchange in a Swedish coniferous forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 111: 283–297.
- Yarie J. 1980. The role of understory vegetation in the nutrient cycle of forested ecosystems in the mountain hemlock biogeoclimatic zone. *Ecology*, 61: 1498–1514.