

ANNALÉS
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XXXIII, 16

SECTIO C

1978

Institut Biologii UMCS
Zakład Ekologii

Krystyn IZDEBSKI

**Materiały do badań nad zawartością substancji mineralnych
i azotu u wybranych gatunków runa leśnego**

Материалы к исследованиям над содержанием минеральных веществ и азота
в некоторых видах лесного травостоя

Materials for Studies on the Content of Mineral Substances and Nitrogen in Selected
Species of the Herb Layer

Wzrost i rozwój roślin uwarunkowane są odpowiednią zawartością składników pokarmowych w glebie, a przede wszystkim azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia. Duże znaczenie mają również związki żelaza i czasem sodu.

Ilość poszczególnych składników mineralnych w glebach jest bardzo różna i zmienna w czasie. Tak samo zapotrzebowanie i pobieranie pierwiastków ze środowiska oraz przemieszczanie się ich w roślinach w ciągu okresu wegetacyjnego jest często różne u poszczególnych gatunków roślin. Zagadnienia te są nadal aktualne i budzą zainteresowanie wśród wielu badaczy (3, 18, 8, 9, 10, 13).

Celem niniejszej pracy było zbadanie zawartości azotu, magnezu, potasu, fosforu, wapnia, żelaza i sodu w roślinach oraz organach czterech gatunków runa leśnego w ciągu trwania czterech okresów fenologicznych.*

Składam wyrazy wdzięczności prof. dr T. Baszyńskiemu za cenne uwagi, udzielane w trakcie pisania pracy.

* W pracy wykorzystano materiały zgromadzone przez magistrantkę Zakładu Ekologii, Danutę Łyko.

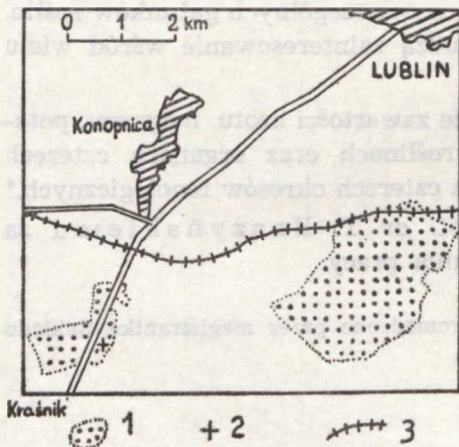
MATERIAŁY I METODY

Badania terenowe przeprowadzono w okresie od kwietnia do października 1975 r. W czasie trwania faz fenologicznych — przed kwitnieniem, kwitnienia, owocowania i po owocowaniu — zebrano materiał roślinny czterech gatunków runa leśnego: *Anemone nemorosa*, *Asperula odorata*, *Asarum europaeum* i *Pulmonaria obscura*. Rośliny te dzielono na organy (korzenie, kłącza, łodygi, liście, kwiaty i owoce), w których suchej masie oznaczono według powszechnie stosowanych metod 7 pierwiastków: azot metodą Kiejdahla, wapń, sód i potas — płomieniowo, fosfor — z molibdenianem amonu, magnez — z żółcieniem tytanową i żelazo — z 2,2-dwupirydylem. Uzyskane wyniki pozwoliły na ocenę zawartości substancji mineralnych wg suchej masy 1 osobnika i poszczególnych organów roślin oraz po przeliczeniu w całych roślinach (tab. 2, 4).

W lipcu przeprowadzono ponadto badania geobotaniczne. W miejscu pobierania prób roślinnych wykonano zdjęcie fitosocjologiczne według metody Braun-Blanqueta (1) z zastosowaniem 10-stopniowej skali pokrycia. Z poszczególnych poziomów genetycznych odkrywki glebowej, wykopanej na terenie zdjęcia, pobrano próbki, w których oznaczono według ogólnie przyjętych metod (4): skład mechaniczny gleby metodą areometryczną Casagrande'a w modyfikacji Pruszyńskiego, CaCO_3 — aparatem Scheiblera, zawartość próchnicy — metodą Tiurina, odczyn gleby w wodzie i w 1N KCl — metodą elektrometryczną (przy użyciu elektrody szklanej i kalomelowej) oraz zawartość przyswajalnego potasu i fosforu — metodą Egnera w modyfikacji Riehma (14). Uzyskane wyniki przedstawiono w tab. 1.

TEREN BADAŃ

Badania terenowe przeprowadzono w zespole *Tilio-Carpinetum* niewielkiego kompleksu leśnego Konopnica pod Lublinem (ryc. 1). Asocjacje tę buduje młodnik dębowo-grabowy z domieszką sosny, brzozy brodawkowatej i osiki. Ilustrację składu florystycznego miejsca badań przedstawia zdjęcie fitosocjologiczne wykonane 10 VII 1975 r. w pobliżu parkingu.



Ryc. 1. Mapa sytuacyjna terenu badań; 1 — lasy, 2 — miejsce badań, 3 — kolej żelazna

Situational map of the study area; 1 — forests, 2 — place of studies, 3 — railway line

Tab. 1. Niektóre właściwości fizykochemiczne gleby zespołu *Tilio-Carpinetum* w Kopnicy k. LublinaSome physico-chemical properties of the soil of *Tilio-Carpinetum* association at Kopnica near Lublin

Głębokość poziomu w cm /Depth of horizon in cm/	Części szkieletowe w % /Skeleton parts in %/	Części ziemiste w mm /Earth parts in mm/						pH w /pH in/		Zawartość /Content of/			
		1 - 0,1	0,1 - 0,05	0,05 - 0,02	0,02 - 0,005	0,005 - 0,002	< 0,002	H ₂ O	KCl	K ₂ O w mg/100 g gleby /K ₂ O in mg/100 g of soil/	P ₂ O ₅ w mg/100 g gleby /P ₂ O ₅ in mg/100 g of soil/	humus w % /humus in %/	CaCO ₃ w % /CaCO ₃ in %/
10-20	0,0	22	10	46	8	3	11	5,07	4,31	13,4	3,5	1,6	0,0
30-40	0,0	8	12	49	18	5	8	5,40	4,35	23,0	2,9	-	0,0
80-90	0,0	8	8	48	22	6	8	5,70	4,70	26,5	6,1	-	0,0

A 50%: *Quercus robur* 3, *Carpinus betulus* 1, *Betula verrucosa* 1, *Populus tremula* 1.

B 70%: *Corylus avellana* 5, *Carpinus betulus* 1, *Frangula alnus* +, *Cornus sanguinea* +, *Evonymus verrucosa* +, *Padus avium* +, *Sorbus aucuparia* +, *Crataegus monogyna* +, *Evonymus europaea* +, *Tilia cordata* +, *Ribes grossularia* +, *Lonicera xylosteum* +.

C 80%: *Anemone nemorosa* 4, *Pulmonaria obscura* 3, *Asarum europaeum* 3, *Asperula odorata* 2, *Hepatica nobilis* 1, *Ajuga reptans* 1, *Carex silvatica* 1, *C. pilosa* 1, *Luzula pilosa* +, *Bromus racemosus* +, *Rubus caesius* +, *Veronica officinalis* +, *Melampyrum nemorosum* +, *Galium vernum* +, *Geum urbanum* +, *Viola silvestris* +, *Majanthemum bifolium* +, *Daphne mezereum* +, *Aegopodium podagraria* +, *Angelica silvestris* +, *Actaea spicata* +, *Vaccinium myrtillus* +, *Polygonatum multiflorum* +, *Astrantia major* +, *Sanicula europaea* +, *Athyrium filix-femina* +, *Viburnum opulus c* +, *Deschampsia caespitosa* +, *Fragaria vesca* +, *Galium schultesii* +, *Lysimachia nummularia* +, *Phegopteris dryopteris* +, *Festuca gigantea* +, *Milium effusum* +.

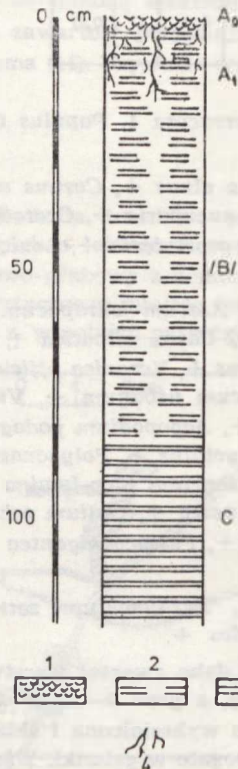
D 20%: *Catharina undulata* 1, *Mnium undulatum* 1, *Eurhynchium zetterstedtii* +, *Climacium dendroides* +, *Plagiochila asplenioides* +.

Zbiorowsko leśne wykazuje strukturę 4-warstwową. W słabo zwartej warstwie drzew dąb osiąga 12—15 m wysokości i 20—25 cm średnicy, a grab 9—11 m wysokości i 20—25 cm średnicy. Warstwa krzewów jest dobrze wykształcona i składa się głównie z podrostu leszczyny i grabu. Runo jest bujne i bogate w gatunki. Wśród jego składników przewagę utrzymują: zawilec gajowy, miodunka ćma, kopytnik pospolity i marzanna wonna. Warstwa mszysta jest słabo rozwinięta.

W zdjęciu fitosocjologicznym wystąpiły 54 gatunki roślin. Z liczby tej 14 reprezentuje rząd *Fagetalia* (w tym 3 gatunki dominujące), 10 — klasę *Querco-Fagetea* oraz po 3 gatunki — związki *Carpinion* i *Alno-Padion*. Zespół *Tilio-Carpinetum* dość dobrze charakteryzują na badanym terenie: *Evonymus verrucosa* b, *Galium schultesii* i *Carex pilosa*. W zespole zanotowano 4 gatunki borowe z klasy *Vaccinio-Piceetea* o małym stopniu pokrycia.

Badany zespół leśny przedstawia mazowiecką odmianę geograficzną *Tilio-Carpinetum* (16, 17) ze związku *Carpinion*, rządu *Fagetalia* i klasy *Querco-Fagetea*. W aspekcie wiosennym można tu łatwo wydzielić fację z *Anemone nemorosa*, a w letnim — z *Asperula odorata* i *Carex pilosa*. Pod względem składu florystycznego i ekologii badany płat zbliża się do asocjacji tego typu opisanej z terenu Lubelszczyzny, między innymi przez Izdebskiego (6, 7), Fijałkowskiego (5), Kozaka (11), Czerwińskiego (2) i innych.

Zespół *Tilio-Carpinetum* z Konopnicy występuje na terenie równinnym o różnicach wysokości względnej do 1 m. Gleba brunatna wytworzyła się z utworów pyłowych zwykłych, głębiej — ilastych (ryc. 2, tab. 1). W warstwie próchniczo-akumulacyjnej stwierdzono niewielką ilość próchnicy i średnią zasobność w przyswajalny fosfor i potas. W głębszych warstwach gleby zasobność w te składniki pokarmowe była dobra. Gleba jest umiarkowanie wilgotna i kwaśna, przy tym stopień jej zakwaszenia maleje nieznacznie wraz z głębokością.



Ryc. 2. Odkrywka glebowa w zespole *Tilio-Carpinetum* w Konopnicy k. Lublina; 1 — ściółka liściasta, 2 — utwory pyłowe zwykłe, 3 — utwory pyłowe ilaste, 4 — korzenie roślin

Soil pit in the association *Tilio-Carpinetum* at Konopnica near Lublin; leaf litter, 2 — ordinary silt deposits, 3 — clay silty deposits, 4 — plant roots

WYNIKI

ZAWARTOŚĆ ORAZ ZMIANY IŁOŚCIOWE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH
I AZOTU W ROŚLINACH

W okresie wegetacyjnym badane gatunki runa leśnego gromadziły w swych tkankach różne ilości substancji mineralnych i azotu; największą ich zawartość wykryto u *Asperula odorata* oraz kolejno mniejszą — u *Pulmonaria obscura*, *Asarum europaeum* i *Anemone nemorosa* (tab. 2). Z siedmiu wziętych pod uwagę pierwiastków najwięcej potasu i żelaza wystąpiło u *Pulmonaria obscura*, natomiast pozostałych związków u *Asperula odorata* i *Asarum europaeum*.

W poszczególnych okresach fenologicznych dostrzeżono zmiany ilościowe w zawartości badanych pierwiastków u 4 gatunków runa leśnego (tab. 2). W okresie kwitnienia zaobserwowano w stosunku do poprzedniej fazy fenologicznej spadek zawartości Ca u wszystkich gatunków roślin. Zawartość pozostałych substancji mineralnych u *Anemone nemorosa* i *Asperula odorata* przeważnie w tym okresie wzrosła, natomiast u *Asarum europaeum* i *Pulmonaria obscura* zmalała.

W okresie owocowania wzrosła w stosunku do fazy poprzedniej u wszystkich czterech gatunków roślin zawartość sodu, wapnia i w większości przypadków potasu. Zawartość pozostałych pierwiastków przeważnie wzrosła u *Pulmonaria obscura* i zmalała u *Anemone nemorosa*. U pozostałych dwóch gatunków zmiany były dość nieregularne. Pod koniec wegetacji dał się zaobserwować wyraźny wzrost zawartości wszystkich

Tab. 2. Zawartość azotu i substancji mineralnych w mg w 1 g suchej masy roślin w poszczególnych fazach fenologicznych
Content of nitrogen and mineral substances in mg per 1 g of dry matter of plants in the particular phenological phases

Faza fenologiczna /Phenological stage/	Gatunek /Plant species/	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Σ s.p.
Przed kwitnieniem /Before flowering/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	14.0	4.7	19.0	2.3	3.9	1.1	0.3	35.3
	2. <i>Asperula odorata</i>	22.2	8.9	43.0	2.2	7.8	1.0	0.7	85.8
	3. <i>Asarum europaeum</i>	13.3	8.0	37.0	4.1	8.2	1.7	0.8	73.1
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	13.6	7.1	56.0	0.4	4.9	1.8	0.5	84.3
Kwitnienie /Flowering/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	17.4	6.1	23.0	2.5	3.7	1.2	0.3	54.2
	2. <i>Asperula odorata</i>	28.6	9.2	47.0	2.2	6.9	1.2	0.7	95.8
	3. <i>Asarum europaeum</i>	11.2	7.8	37.0	3.9	8.0	1.4	0.7	70.0
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	13.7	7.0	52.0	0.3	4.8	1.8	0.5	80.1
Owocowanie /Fruiting/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	10.9	4.6	19.0	2.1	4.0	0.7	0.4	41.7
	2. <i>Asperula odorata</i>	21.6	10.2	50.0	2.5	10.4	1.2	0.8	96.7
	3. <i>Asarum europaeum</i>	16.4	6.3	42.0	3.6	11.1	1.3	1.0	81.7
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	16.5	6.1	54.0	0.3	5.7	2.1	0.6	85.3
Po owocowaniu /After fruiting/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	15.6	4.8	22.0	2.2	4.9	0.9	0.5	50.7
	2. <i>Asperula odorata</i>	13.0	7.1	34.0	2.5	10.9	1.5	0.8	69.8
	3. <i>Asarum europaeum</i>	22.4	7.1	27.0	2.8	5.3	1.2	0.4	66.2
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	14.5	6.4	47.0	0.1	3.9	1.7	0.4	74.0

Σ s.p. - suma składników pokarmowych /total sum of mineral compounds/

badanych substancji mineralnych i azotu u *Anemone nemorosa*, natomiast u pozostałych gatunków przeważały tendencje spadkowe.

WZAJEMNE STOSUNKI IŁOŚCIOWE AZOTU I SKŁADNIKÓW MINERALNYCH
W ROŚLINACH RUNA LEŚNEGO

Skutki mineralnego odżywiania roślin uzależnione są nie tylko od zawartości poszczególnych składników mineralnych, ale również od wzajemnej równowagi ilościowej pomiędzy różnymi pierwiastkami.

Stosunek N : P : K zmieniał się w ciągu okresu wegetacyjnego u badanych gatunków runa w granicach od 100 : 32 : 121 do 100 : 52 : 421 (tab. 3). Okazał się on zatem niższy od podanego przez Wachowską-Serwatkę (18) dla liści niektórych gatunków drzew i runa (w tym dla *Anemone nemorosa*) z rezerwatu leśnego Lubsza.

Z czterech badanych gatunków najniższy stosunek N : P : K wystąpił u *Pulmonaria obscura* 100 : (37—52) : (324—421) i najwyższy u *Anemone nemorosa* 100 : (31—42) : (132—174).

Stosunek N : P : K zmieniał się u badanych gatunków w poszczególnych fazach fenologicznych. U *Anemone nemorosa* był najwyższy w okresie kwitnienia i najniższy w fazie owocowania, u *Asperula odorata* — odpowiednio w czasie kwitnienia i pod koniec rozwoju, u *Asarum europaeum* — pod koniec rozwoju i przed kwitnieniem oraz u *Pulmonaria obscura* — w fazie owocowania i przed kwitnieniem.

Normalny rozwój roślin uwarunkowany jest odpowiednim stosunkiem ilościowym K : Mg (12). Zwykle zbyt wysokiej zawartości potasu towa-

Tab. 3. Wzajemne stosunki ilościowe niektórych składników odżywczych u roślin w poszczególnych fazach fenologicznych
Quantitative relations of some nutritional components in plants in the particular phenological plants

Faza fenologizma /Phenological stage/	Gatunek /Plant species/	N:P:K	K:Ca	K:Mg	Ca:Mg
Przed kwitnieniem /Before flowering/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	100:34:136	100:21	100:12	100:59
	2. <i>Asperula odorata</i>	100:40:194	100:18	100:5	100:28
	3. <i>Asarum europaeum</i>	100:60:278	100:22	100:11	100:50
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	100:52:421	100:8	100:1	100:8
Kwitnienie /Flowering/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	100:35:132	100:16	100:11	100:68
	2. <i>Asperula odorata</i>	100:32:164	100:15	100:5	100:32
	3. <i>Asarum europaeum</i>	100:32:330	100:22	100:11	100:49
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	100:51:380	100:9	100:1	100:6
Owocowanie /Fruiting/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	100:42:174	100:21	100:11	100:53
	2. <i>Asperula odorata</i>	100:47:231	100:21	100:5	100:24
	3. <i>Asarum europaeum</i>	100:38:256	100:26	100:9	100:32
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	100:37:327	100:11	100:1	100:5
Po owocowaniu /After fruiting/	1. <i>Anemone nemorosa</i>	100:31:141	100:22	100:10	100:45
	2. <i>Asperula odorata</i>	100:55:262	100:32	100:7	100:23
	3. <i>Asarum europaeum</i>	100:32:121	100:20	100:10	100:53
	4. <i>Pulmonaria obscura</i>	100:44:324	100:8	100:1	100:3

rzyszyła zmniejszona ilość magnezu. Bardzo wyraźnie zależność ta wystąpiła w ciągu całego roku u *Pulmonaria obscura* (tab. 2, 3). Stosunek K:Mg wahał się u poszczególnych gatunków w granicach 100 : (1—12); najwyższy był u *Pulmonaria obscura* i najniższy u *Anemone nemorosa*. W 4 okresach fenologicznych zmienił się u badanych gatunków nieznacznie.

Stosunek ilościowy K:Ca okazał się w badanych roślinach różny: najniższy u *Asperula odorata* 100 : (15—32) i kolejno wyższy u *Asarum europaeum* 100 : (20—26) i *Anemone nemorosa* 100 : (16—22), oraz najwyższy u *Pulmonaria obscura* 100 : (8—11). W ciągu okresu wegetacji obserwuje się przeważnie jego wzrost przed i w okresie kwitnienia roślin oraz spadek w fazie owocowania i pod koniec rozwoju.

Stosunek ilościowy Ca : Mg w roślinach runa leśnego wahał się w ciągu okresu wegetacyjnego w dość szerokich granicach 100 : (3—68) i pod tym względem zbliżał się do wartości uzyskanych przez Wachowską-Serwatkę (18) dla 5 gatunków runa leśnego. Najniższy stosunek ilościowy Ca:Mg wystąpił u *Anemone nemorosa* 100:(45—68) i najwyższy u *Pulmonaria obscura* 100 : (3—8).

ZAWARTOŚĆ ORAZ ZMIANY ILOŚCIOWE SKŁADNIKÓW MINERALNYCH I AZOTU W ORGANACH ROŚLINNYCH

Azot. Przed kwitnieniem największa ilość tego składnika wystąpiła w liściach i korzeniach *Asperula odorata*, *Asarum europaeum* i *Anemone nemorosa* (tab. 4). U *Pulmonaria obscura* stwierdzono w tym czasie najwięcej azotu w łodygach, mało natomiast w liściach.

W okresie kwitnienia zwraca uwagę w stosunku do fazy poprzedniej wzrost zawartości azotu prawie we wszystkich organach *Asperula odorata*. U pozostałych gatunków stwierdzono zmniejszenie się jego ilości w korzeniach, kłęczach i łodygach. Nadal najwięcej tego pierwiastka zawierały liście (wyraźny wzrost u *Pulmonaria obscura*), a tak samo kwiaty roślin.

W fazie owocowania dał się zauważyć w porównaniu z poprzednim okresem spadek zawartości azotu w korzeniach, kłęczach, liściach i łodygach większości gatunków. U wszystkich roślin wystąpiła znaczna koncentracja tego pierwiastka w owocach.

U schyłku wegetacji stwierdzono jeszcze dość znaczną zawartość azotu w liściach, chociaż u *Asperula odorata* nastąpił wyraźny jej spadek. W korzeniach i kłęczach roślin przeważały w stosunku do poprzedniego okresu tendencje wzrostowe zawartości azotu. W łodygach *Anemone nemorosa* i *Asperula odorata* zauważono spadek ilości tego pierwiastka, natomiast u pozostałych dwóch gatunków — wzrost (szczególnie u *Asarum europaeum*!).

Tab. 4. Zawartość azotu i substancji mineralnych w mg w 1 g suchej
Content of nitrogen and mineral substances in mg per 1 g of dry

Faza fenologiczna /Phenological stage/	Organy rośliny /Plant organs/	N				P ₂ O ₅				
		An	Ao	Ae	Po	An	Ao	Ae	Po	An
Przed kwitnieniem /Before flowering/	Korzeń /Root/	18.0	18.3	17.0	11.4	5.2	5.8	7.8	8.2	12.0
	Kłącze /Rhizome/	9.0	16.1	11.0	11.9	4.2	7.8	7.8	5.0	10.0
	Łodyga /Stem/	10.0	14.2	11.5	27.4	5.6	9.3	8.1	14.3	57.0
	Liść /Leaf/	27.7	35.4	33.0	8.9	5.8	11.2	12.2	6.9	34.0
Kwitnienie /Flowering/	Korzeń /Root/	16.2	15.8	16.6	10.4	5.8	5.1	7.1	8.1	15.0
	Kłącze /Rhizome/	8.2	20.4	10.5	10.9	4.6	7.3	7.1	4.9	13.0
	Łodyga /Stem/	15.6	32.7	10.5	9.1	5.9	9.3	7.6	12.1	50.0
	Liść /Leaf/	37.9	29.8	31.4	35.7	8.7	9.3	10.2	11.4	33.0
	Kwiat /Flower/	26.1	28.2	29.5	29.4	10.2	13.9	15.2	11.8	31.0
Owocowanie /Fruiting/	Korzeń /Root/	15.8	10.5	15.8	9.9	6.5	6.3	5.1	5.8	14.0
	Kłącze /Rhizome/	5.8	16.5	7.9	13.3	4.1	8.4	5.8	4.9	9.0
	Łodyga /Stem/	10.0	17.7	14.7	12.9	4.6	11.4	5.3	6.8	48.0
	Liść /Leaf/	27.3	27.1	29.2	29.9	5.3	10.5	7.6	7.9	40.0
	Owoc /Fruit/	25.3	31.5	24.7	29.9	8.7	11.2	9.6	9.0	23.0
Po owocowaniu /After fruiting/	Korzeń /Root/	9.5	18.3	18.2	11.4	3.5	6.1	8.1	7.3	15.0
	Kłącze /Rhizome/	12.3	14.1	16.3	13.7	5.6	6.3	8.7	5.6	12.0
	Łodyga /Stem/	6.7	15.5	24.0	13.9	3.7	9.0	6.2	7.4	40.0
	Liść /Leaf/	28.7	9.3	31.2	27.5	3.7	6.3	5.3	9.0	37.0

An - *Anemone nemorosa*
Ao - *Asperula odorata*
Ae - *Asarum europaeum*
Po - *Pulmonaria obscura*
śl. - ślady /remains/

Fosfor. Przed kwitnieniem najwięcej fosforu wykryto w liściach, nieco mniej w łodygach i najmniej w pozostałych organach badanych roślin. Podobnie jak w przypadku azotu, więcej fosforu wystąpiło w tym czasie w *Pulmonaria obscura* w łodygach niż liściach.

W fazie kwitnienia dał się zaobserwować w stosunku do okresu poprzedniego wzrost zawartości fosforu we wszystkich organach *Anemone nemorosa*. U pozostałych gatunków ilość tego składnika przeważnie zmalała w korzeniach, kłączach, łodygach i liściach, wyjątkowo u *Pulmonaria obscura* zauważono niewielki wzrost fosforu w liściach. U wszystkich czterech gatunków największą zawartość P₂O₅ stwierdzono w kwiatach.

W fazie owocowania dał się zauważyć niewielki spadek zawartości fosforu w kłączach, łodygach i liściach większości gatunków roślin. Dużą koncentrację fosforu stwierdzono w owocach.

U schyłku rozwoju wzrosła nieznacznie w porównaniu z poprzednim okresem zawartość fosforu w kłączach większości gatunków roślin. W pozostałych organach *Anemone nemorosa* i *Asperula odorata* dał się zaobserwować przeważnie spadek ilości tego składnika, natomiast u dwóch pozostałych gatunków — niewielki wzrost.

Potas. W trzech pierwszych okresach fenologicznych wystąpiła u wszystkich gatunków największa zawartość potasu w łodygach i liściach, a w fazie kwitnienia i owocowania — również w kwiatach i owocach.

Pod koniec wegetacji zawartość potasu w poszczególnych organach badanych gatunków przeważnie malała, chociaż u *Anemone nemorosa*

masy organów roślinnych w poszczególnych fazach fenologicznych
matter of plant organs in the particular phenological phases

K ₂ O			MgO				CaO				Fe ₂ O ₃				Na ₂ O			
Ac	As	Po	An	Ac	As	Po	An	Ac	As	Po	An	Ac	As	Po	An	Ac	As	Po
18.0	30.0	44.0	1.0	0.5	3.4	41.	3.1	4.6	1.6	4.5	2.0	2.1	2.3	2.3	0.4	0.5	0.3	0.5
33.0	35.0	52.0	1.1	1.9	4.9	41.	1.0	8.2	8.1	5.3	1.2	1.1	1.2	1.9	0.1	0.7	0.7	0.5
75.0	43.0	94.0	1.9	1.7	2.9	2.4	8.2	8.1	14.0	5.2	0.6	0.4	2.2	1.0	0.8	0.6	1.2	0.5
44.0	70.0	50.0	5.9	3.5	4.9	0.5	10.2	0.4	9.8	2.5	0.8	0.7	0.8	1.0	0.7	0.8	0.7	0.5
15.0	28.0	42.0	1.1	41.	3.2	41.	3.2	2.7	1.4	4.0	2.2	2.2	2.2	2.2	0.5	0.5	0.3	0.4
26.0	33.0	50.0	1.2	0.2	4.7	41.	1.1	7.5	7.8	5.0	1.3	2.2	1.0	1.8	0.1	0.9	0.6	0.5
62.0	36.0	112.0	1.9	1.4	2.3	0.5	5.5	9.8	13.4	6.3	0.4	1.3	2.0	2.1	0.7	0.7	1.0	0.5
49.0	63.0	68.0	5.9	4.0	4.5	1.1	9.0	5.0	9.2	4.4	1.4	0.8	0.7	2.0	0.9	0.9	0.7	0.4
41.0	76.0	46.0	3.5	2.8	7.0	2.3	3.4	4.2	7.0	5.4	0.5	0.8	0.8	1.0	0.3	0.3	0.6	0.5
11.0	25.0	42.0	1.1	0.2	3.8	41.	1.2	3.4	1.7	5.5	2.2	2.2	2.0	2.0	0.2	0.4	0.9	0.7
35.0	23.0	52.0	1.4	1.5	4.0	41.	1.6	10.5	8.4	5.2	0.5	1.6	0.9	2.1	0.3	0.8	0.8	0.6
69.0	37.0	94.0	1.2	1.5	2.4	0.5	6.8	11.4	19.2	7.4	0.6	0.7	2.1	2.1	0.8	0.9	1.5	0.7
49.0	78.0	61.0	5.8	3.7	3.6	0.9	12.0	10.9	9.4	8.3	0.9	1.2	1.1	2.2	0.9	0.9	0.8	0.7
35.0	40.0	21.0	41.	4.9	5.1	1.1	2.8	9.4	10.3	3.8	2.2	1.0	1.1	2.0	0.3	0.7	1.2	0.3
14.0	31.0	31.0	0.2	0.3	1.9	41.	1.9	3.0	1.9	2.9	2.0	2.2	2.2	1.1	0.2	0.4	0.2	0.4
22.0	26.0	42.0	2.1	1.0	4.2	41.	1.3	6.3	6.8	3.1	0.7	1.3	1.1	2.0	0.3	0.5	0.5	0.3
47.0	22.0	99.0	2.8	3.2	1.4	0.5	8.4	12.1	3.1	6.6	1.2	0.5	0.8	1.9	1.1	0.9	0.3	0.6
35.0	30.0	48.0	2.4	2.9	2.1	0.9	12.2	13.2	5.6	7.7	1.2	2.1	1.3	1.2	1.0	0.9	0.4	0.6

i *Asarum europaeum* nieco wzrosła w kłączach i korzeniach, a u *Pulmonaria obscura* — również w łodygach w stosunku do stanu w fazie owocowania.

M a g n e z. W czterech kolejnych okresach badań zwraca uwagę mała zawartość MgO w organach *Pulmonaria obscura* (w kłączach i korzeniach wykryto tylko jego ślady) i stosunkowo duża u *Asarum europaeum*. W każdym prawie przypadku największą jego koncentrację stwierdzono w liściach i nieco mniejszą w łodygach, a w okresie kwitnienia — również w kwiatach. U *Asarum europaeum* i *Asperula odorata* większą ilość magnezu zawierały również owoce. Analiza zmian zawartości tego składnika w roślinach nie pozwoliła na uchwycenie jakiegś prawidłowości w okresie wegetacyjnym.

W a p n. Przed kwitnieniem wykryto najmniejszą ilość CaO w korzeniach roślin. W pozostałych organach czterech gatunków było go więcej, z wyjątkiem kłączy *Anemone nemorosa* i liści *Pulmonaria obscura*.

W fazie kwitnienia zaobserwowano spadek zawartości tego składnika prawie we wszystkich organach badanych gatunków. Również ilość jego w kwiatach okazała się niezbyt duża.

W okresie owocowania stwierdzono w stosunku do fazy poprzedniej wyraźne tendencje wzrostu zawartości tego pierwiastka w poszczególnych organach badanych roślin. Również w owocach *Asarum europaeum* i *Asperula odorata* ilość CaO okazała się stosunkowo duża.

Pod koniec wegetacji zawartość wapnia w roślinach przeważnie zma-

łała. Spadek ten najwyraźniej zaznaczył się w kłączach. Odstępstwem od tej prawidłowości był wyraźny wzrost tego składnika w liściach i łodygach *Asperula odorata* i *Anemone nemorosa*, zwłaszcza w porównaniu z pozostałymi gatunkami runa.

Żelazo. Najwięcej żelaza w ciągu całego roku wykryto w korzeniach i nieco mniej w kłączach roślin. Przed i w okresie kwitnienia zanotowano małą koncentrację Fe_2O_3 w łodygach, liściach i kwiatach. Wyjątkowo nieco więcej wykryto go w tym czasie w łodygach *Pulmonaria obscura* i *Asarum europaeum*.

W okresie owocowania dał się zaobserwować w stosunku do poprzedniego okresu niewielki spadek ilości Fe_2O_3 w kłączach, a wzrost w liściach i nie zawsze w łodygach. W podobnej ilości co w liściach wystąpił ten związek w owocach.

Pod koniec wegetacji nie dostrzeżono istotnych różnic w zawartości żelaza w organach roślinnych w porównaniu z poprzednim okresem fenologicznym. Niewielki spadek ilości tego związku zauważono tylko w korzeniach *Pulmonaria obscura* oraz taki sam wzrost w liściach *Asperula odorata*.

Sód. Zmiany zawartości sodu w organach badanych gatunków w ciągu okresu wegetacyjnego były niewielkie. Nieznaczny wzrost Na_2O dał się stwierdzić tylko w kłączach, łodygach i liściach badanych roślin w fazie owocowania.

PODSUMOWANIE

Za materiał do jednorocznych badań nad zawartością oraz dynamiką azotu i substancji mineralnych w roślinach posłużyły 4 dominujące gatunki runa z zespołu *Tilio-Carpinetum* w Konopnicy koło Lublina. Asocjacja ta występuje na siedlisku umiarkowanie żyznym z objawami powoli postępującego procesu bielicowania gleby. Świadczy o tym dość duże zakwaszenie górnych warstw gleby oraz mniejsza zawartość przyswajalnego potasu i fosforu w stosunku do głębszych poziomów genetycznych gleby. Odbiciem postępującego procesu oligotrofizacji siedliska jest pojawienie się pojedynczych roślin borowych z klasy *Vaccinio-Piceetea*. Niemniej badane gatunki runa wykazywały dużą żywotność — były dorodne i rozmnażały się generatywnie.

Badane rośliny gromadziły w swych tkankach różne ilości substancji mineralnych i azotu, najwięcej *Asperula odorata* i najmniej *Anemone nemorosa*. Z siedmiu badanych pierwiastków najwięcej potasu i żelaza wystąpiło u *Pulmonaria obscura*, a pozostałych substancji mineralnych i azotu — u *Asperula odorata* i *Asarum europaeum*.

W grupie roślin badanych przez Baszyńskiego (8), zawierających w okresie maksymalnego rozwoju najwięcej azotu, znalazły się z interesujących nas gatunków *Asarum europaeum* i *Asperula odorata*, magnezu — *Asarum europaeum*, fosforu — *Pulmonaria obscura*, wapnia — *Asarum europaeum*, *Asperula odorata* i *Pulmonaria obscura* oraz potasu — *Asarum europaeum* i *Pulmonaria obscura*.

Dużej koncentracji potasu w roślinach towarzyszyła zmniejszona ilość magnezu, co szczególnie wyraźnie zaznaczyło się u *Pulmonaria obscura*. Tak samo duża zawartość potasu wpłynęła na zmianę stosunku do innych pierwiastków, a więc azotu i wapnia. Stąd prawdopodobnie wzajemne stosunki ilościowe N : P : K oraz K : Mg i K : Ca odbiegają od podanych przez Wachowską-Serwatkę (18) i dla liści drzew i nieco innych gatunków runa z rezerwatu leśnego Lubsza. Jedynie stosunek Ca : Mg był w obu przypadkach podobny.

W ciągu całego okresu wegetacyjnego zmieniała się w poszczególnych gatunkach ogólna zawartość wszystkich badanych substancji mineralnych i azotu. Największą ich koncentrację stwierdzono w okresie kwitnienia (u *Anemone nemorosa*) lub częściej w fazie owocowania (u pozostałych gatunków).

Izdębski i Popiołek (9) stwierdzili u większości badanych gatunków borowych na Roztoczu Środkowym wzrost zawartości przyswajalnego fosforu i potasu w miesiącach letnich, a więc w okresie kwitnienia—owocowania oraz ich spadek na wiosnę i w jesieni. Pewnych ogólnych tendencji dopatrywał się również Baszyński (8) u roślin zespołu buczyny karpackiej z rezerwatu leśnego Obroc na Roztoczu Środkowym; w ciągu okresu wegetacyjnego stwierdził on u większości gatunków roślin zmniejszanie się zawartości K_2O , P_2O_5 i N. Wystąpiły też małe wahania poziomu magnezu.

Wśród wziętych pod uwagę organów roślinnych największą zawartość badanych substancji mineralnych i azotu u wszystkich 4 gatunków wykryto w liściach, nieco mniejszą — w łodygach, a w okresie kwitnienia i owocowania — również w kwiatach i owocach. Wyjątkowo małą zawartość N i P_2O_5 stwierdzono w okresie przed kwitnieniem w liściach *Pulmonaria obscura* i po owocowaniu również u *Asperula odorata*. Tak samo w kwiatach wszystkich gatunków znaleziono małe ilości żelaza.

W ciągu rozwoju roślin zmieniała się ilość substancji mineralnych i azotu w organach 4 gatunków. W przypadku azotu następował w trzech pierwszych okresach stopniowy spadek jego zawartości w kłączach oraz w mniejszym stopniu w łodygach, prawdopodobnie na skutek przemierzania się pewnej ilości tego pierwiastka do liści, kwiatów i owoców. Po fazie owocowania następuje — przy dość jeszcze znacznej koncentrac-

cji N w liściach — odprowadzenie jego części do kłaczy i korzeni (wzrost N prawie u wszystkich gatunków) lub do łodyg, jak w przypadku *Asarum europaeum* i *Pulmonaria obscura*. Prawie w podobny sposób zmieniała się w ciągu okresu wegetacyjnego zawartość fosforu, potasu i magnezu w organach badanych roślin.

W przypadku wapnia zmiany jego zawartości w ciągu okresu wegetacyjnego miały przebieg nieco inny. Ilość jego zmalała wyraźnie prawie we wszystkich organach badanych gatunków w okresie kwitnienia w stosunku do poprzedniej fazy fenologicznej. W czasie owocowania nastąpił wzrost zawartości tego związku w organach roślinnych i ponowny jego spadek w okresie po owocowaniu, szczególnie w kłaczach roślin. Niewielki wzrost CaO zauważono tylko w liściach i łodygach *Asperula odorata* i wyłącznie w liściach *Anemone nemorosa*. Wyniki obserwacji z ostatniego okresu fenologicznego nie pokrywają się z danymi Wachowskiej-Serwackiej (4), która w tym czasie zauważyła wyraźny wzrost ilości tego związku w stosunku do początku wegetacji.

We wszystkich okresach fenologicznych stosunkowo najwięcej żelaza było w korzeniach i nieco mniej w kłaczach. W łodygach i liściach wystąpiło go mniej w dwóch pierwszych okresach fenologicznych, dopiero pewien wzrost zawartości tego związku nastąpił w fazie owocowania. Później nie stwierdzono istotnych różnic w stosunku do poprzedniego okresu.

Sód wystąpił w organach badanych roślin w małej ilości i zmiany jego zawartości w ciągu okresu wegetacyjnego były niewielkie. Pewien wzrost ilości Na₂O stwierdzono tylko w liściach i owocach w fazie owocowania.

Zatem zawartość azotu i badanych substancji mineralnych okazała się różna i zmienna w czasie tak u poszczególnych 4 gatunków roślin, jak i ich organów. Dość duże wahania ilościowe, jakie zanotowano w poszczególnych fazach fenologicznych, mogły być wywołane oddziaływaniem czynników środowiska leśnego o różnym natężeniu.

PIŚMIENNICTWO

1. Braun-Blanquet J.: Pflanzensoziologie. Springer-Verl., Wien 1964, 865.
2. Czerwiński A.: Charakterystyka fitosocjologiczna lasów hrubieszowskich. *Fragm. Flor. et Geobot.* **16**, 331—356 (1970).
3. Cullinan F. P., Batjer L. F.: N.P.K. — Interrelationship in Young Peach and Apple Trees. *Soil Science* **55**, 49 (1943).
4. Dobrzański B., Uziak S.: Rozpoznawanie i analiza gleb. Nakł. UMCS, Lublin 1966, 256.
5. Fijałkowski D.: Rezerwat leśny „Bachus” koło Chełma. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C* **14**, 297—342 (1959).
6. Izdebski K.: Grądy na Roztoczu Środkowym. *Ekol. Pol.*, seria A **10**, 523—584 (1962).

7. Izdebski K.: Zbiorowiska leśne na Roztoczu Zachodnim. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C 22, 235—266 (1967).
8. Izdebski K., Baszyński T., Kozak K., Malicki J., Uziak S.: Badania produktywności buczyny karpackiej w rezerwacie leśnym Obroc na Roztoczu Środkowym. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C 29, 281—332 (1974).
9. Izdebski K., Popiołek Z.: Dynamika zawartości przyswajalnego fosforu i potasu w roślinach i glebie zespołów borowych na Roztoczu Środkowym. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C 30, 101—112 (1975).
10. Izdebski K., Kimsa T., Kozak K., Michna E., Popiołek Z., Stączek A., Zinkiewicz A.: Influence of Habitats of Two Forest Ecosystems on Productivity of Pine Stands in Central Roztocze. Part I. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C 31, 1—54 (1976).
11. Kozak K.: Olsy, grądy i bory mieszane nadleśnictwa Parczew. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska sectio C 22, 329—358 (1967).
12. Pierre W. H., Bower C. A.: Potassium Absorbtion by Plants as Affected by Cation Relationships. Soil Science 55, 23—36 (1943).
13. Robertson R. A., Davies G. E.: Quantities of Plant Nutrients in Heather Ecosystems. Blackwell Scientific Publications Oxford, Ecol. 2, 211—219 (1965).
14. Thun R., Hermann R.: Methodenbuch. Bd. I. Die Untersuchung von Böden. Neuman Verlag, Berlin 1955, 271.
15. Tiulin A. F., Szczerbina K. G.: Biologiczeskij krugoworot azota i fosfora mieźdu rastitielnostiu i poczwój w szyrokolistwiennych lesach juźnoj czasti lesostiepi za wiegietacyonnyj pieriod. Dokł. AN ZSRR 97, 125—128 (1954).
16. Traczyk T.: Materiały do geograficznego zróżnicowania grądów w Polsce. Acta Soc. Bot. Pol. 31, 275—304 (1962).
17. Traczyk T.: Próba podsumowania badań nad ekologicznym zróżnicowaniem grądów w Polsce. Acta Soc. Bot. Pol. 31, 621—635 (1962).
18. Wachowska-Serwatka K.: Sezonowe zmiany azotu i składników mineralnych w ściółce, w glebie i roślinach lasu mieszanego rezerwatu Lubsza. Acta Univ. Wratislaviensis 48, Prace bot., 7, 71—130 (1966).

РЕЗЮМЕ

Материалом одногодových исследований над содержанием и динамикой азота и минеральных веществ в растениях служили 4 доминантных вида травостоя из ассоциации *Tilio-Carpinetum* в Конопнице около Люблина (рис. 1). Эта ассоциация распространена на среднеурожайном биотопе с признаками медленно прогрессирующего оподзоливания почвы (рис. 2, табл. 1). Несмотря на это, изучаемые виды, *Anemone nemorosa*, *Asperula odorata*, *Asarum europaeum*, *Pulmonaria obscura* проявляли большую жизнеспособность, т.е. были крупными и размножались генеративно.

Изучаемые виды накапливали в своих тканях разные количества минеральных веществ и азота, больше всего *Asperula odorata*, а меньше всего *Anemone nemorosa* (рис. 3, табл. 2). Больше всего калия и железа было у *Pulmonaria obscura*, а остальных минеральных веществ и азота — у *Asperula odorata*, и *Asarum europaeum*.

Большая концентрация калия в растениях вызвала уменьшение содержания магния (особенно у *Pulmonaria obscura*), азота и кальция (табл. 3).

В течение вегетационного периода изменилось в изучаемых видах содержание минеральных веществ и азота (табл. 2). Самая высокая их концентрация отмечалась во время цветения (у *Anemone nemorosa*) или же — в фазе плодоношения (у остальных видов).

Среди принятых во внимание растительных органов самое высокое содержание минеральных веществ и азота было обнаружено у всех 4 видов в листьях, несколько меньшее в стеблях, а в период цветения и плодоношения также в цветах и плодах (табл. 4).

Содержание минеральных веществ и азота в органах 4-х видов растений в течение их развития изменялось, иногда довольно неравномерно, что, вероятно, можно объяснить перемещением некоторых количеств питательных минеральных веществ из одних органов в другие (табл. 4). Разницы, возникшие в содержании азота и кормовых веществ, у изучаемых нами растений вызваны иной спецификой их питания и развития. Количественные колебания, наблюдаемые в отдельные фенологические фазы, могли быть вызваны неодинаковым во времени воздействием экологических факторов лесной среды.

SUMMARY

Four dominating species of the herb layer from the association *Tilio-Carpinetum* in Konopnica near Lublin (Fig. 1) were studied during one year with respect to the content and dynamics of nitrogen and mineral substances in plants. This association occurs in the habitat of moderate fertility with signs of slowly progressing podzolization of the soil (Fig. 2, Table 1). However, the species studied, i.e. *Anemone nemorosa*, *Asperula odorata*, *Asarum europaeum* and *Pulmonaria obscura* showed a high vitality — were living and propagated generatively.

The species studied accumulated in their tissues various amounts of mineral substances and nitrogen, *Asperula odorata* most and *Anemone nemorosa* least (Fig. 3, Table 2). Most potassium and iron was found in *Pulmonaria obscura*, and other substances and nitrogen in *Asperula odorata* and *Asarum europaeum*.

A high concentration of potassium in the plants caused a decrease in the content of manganese (particularly in *Pulmonaria obscura*), and also affected the change of the relation to other elements, i.e. nitrogen and calcium (Table 3).

During the vegetative period the content of mineral substances and nitrogen was changing (Table 2). Their highest concentration was found in the flowering period (in *Anemone nemorosa*) or more often in the phase of fruiting (in the other species).

Among the plant organs tested, leaves in all four species, and flowers and fruits in the period of flowering and fruiting (Table 4), were found to contain the highest amount of mineral substances. Stems contained a little less.

During plant growth the amount of mineral substances and nitrogen changed in the organs of the studied plants, probably due to transfer of nutritional substances from some organs to others (Table 4). The differences in the content of nitrogen and nutritional substances found in the species studied are caused by different rates of growth and nutritional conditions. The quantitative variations observed in the particular phenological phases may have been caused by different effects of ecological factors of the forest habitat.