

6

ROZA KAZMIERCZAKOWA

Runo lasu bukowego *Fagetum carpaticum*, jego fenologia i ekologia produkcji pierwotnej**Ecology of primary production and phenology of the beech stand *Fagetum carpaticum* ground flora****6.1. Wstęp**

Badany las należy do zespołu *Fagetum carpaticum*, wariantu uboższego z *Asperula odorata* i *Majanthemum bifolium*. Wariant ten jest stosunkowo najszerszym rozpowszechnionym typem buczyny w Ojcowskim Parku Narodowym. Skład florystyczny badanego płatu przedstawia zdjęcie fitosocjologiczne (tab. 6.I), przy którym dla zobrazowania roli poszczególnych gatunków w analogicznych lasach bukowych Doliny Ojcowskiej podano stopnie ich stałości i ilościowości, zaczerpnięte z pracy Medweckiej-Kornaś i Kornasia (1963).

W runie opisywanej powierzchni brak geofitów wczesnowiosennych z wyjątkiem nielicznie występującego *Isopyrum thalictroides* i nieco liczniejszego *Mercurialis perennis*. Zaznacza się duży udział roślin zimzielonych jak: *Asarum europaeum*, *Viola silvestris*, *Oxalis acetosella*, *Polystichum lobatum* i in., które w końcu sezonu wegetacyjnego pokrywają około 12% dna lasu, czyli mniej więcej jedną trzecią powierzchni, jaką zajmuje roślinność zielna w okresie maksymalnego rozwoju.

Warstwa runa jest niezupełnie jednolita na całej powierzchni leśnej. W części zachodniej jest nieco bogatsza niż w części wschodniej, gdzie ocienienie dna lasu przez korony drzew jest stosunkowo większe (por. rozdz. 5 i tab. 5.I). Od wschodu graniczy z badaną powierzchnią pas skałek, co zaznacza się w składzie runa leśnego udziałem *Primula officinalis*, *Campanula persicifolia*, *Cornus sanguinea* i innych gatunków, występujących w pojedynczych okazach.

6.2. Cel i metoda badań

Celem niniejszej pracy było poznanie wartości produkcji roślinnej (netto) runa na opisywanej powierzchni, na której studia dotyczące produkcji drzew prowadził S. Myszkowski (rozdz. 5). Wartość produkcji

Tabela. 6. I

Skład florystyczny płatu *Fagetum carpaticum* wariant z *Asperula odorata* i *Majanthemum bifolium* na badanej powierzchni

Zdjęcie fitosocjologiczne dnia 3 lipca 1964 r. Północno-wschodnie zbocze Góry Chelmejowej. Wysokość 410—427 m n.p.m. Ekspozycja NNE. Nachylenie 30°. Zwarcie warstwy drzew 95%. Zwarcie warstwy krzewów 10%. Zwarcie warstwy runa 30%. Zwarcie warstwy mchów 1%. Powierzchnia zdjęcia 6 000 m².

Floristic composition of stand of *Fagetum carpaticum* variant with *Asperula odorata* and *Majanthemum bifolium* in the investigated area

Phytosociological record July 3rd 1964. North-eastern slope of Chelmowa Góra Mountain. Altitude 410—427 m a.s.l. Exposed to NNE. Inclination 30°. Density of trees 95%. Density of shrubs 10%. Density of ground flora 30%. Density of mosses 1%. Area of the record 6 000 m².

| | | | | | | | |
|----------------------------|--------------------------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|-------------------|
| Ch. Fagion: | | | A | <i>Abies alba</i> | + | IV ⁺³ | |
| A | <i>Acer pseudoplatanus</i> | + | II ¹⁻² | BC | <i>Sorbus aucuparia</i> | + | IV ⁺ |
| | <i>Polystichum lobatum</i> | + | II ⁺ | | <i>Ajuga reptans</i> | + | V ⁺¹ |
| | <i>Cephalanthera alba</i> | + | | | <i>Carex digitata</i> | + | V ⁺¹ |
| | <i>Lunaria rediviva</i> | + | | | <i>Dryopteris filix-mas</i> | + | V ⁺² |
| | <i>Veronica montana</i> | + | | | <i>Majanthemum bifolium</i> | + | V ⁺² |
| Ch. Fagetalia: | | | | | <i>Oxalis acetosella</i> | 1.1 | V ⁺³ |
| BC | <i>Ribes grossularia</i> | + | IV ⁺ | | <i>Poa nemoralis</i> | + | V ⁺² |
| BC | <i>Ribes alpinum</i> | + | III ⁺ | | <i>Viola silvestris</i> | 1.1 | V ⁺² |
| BC | <i>Viburnum opulus</i> | + | II ⁺ | | <i>Campanula trachelium</i> | + | IV ⁺¹ |
| | <i>Actaea spicata</i> | + | V ⁺¹ | | <i>Lathyrus vernus</i> | + | IV ⁺¹ |
| | <i>Asarum europaeum</i> | 2.2 | V ⁺³ | | <i>Melica nutans</i> | + | IV ⁺⁴ |
| | <i>Asperula odorata</i> | 2.2 | V ⁺⁴ | | <i>Mycelis muralis</i> | + | IV ⁺¹ |
| | <i>Carex silvatica</i> | + | V ⁺² | | <i>Athyrium filix-femina</i> | + | III ⁺¹ |
| | <i>Galeobdolon luteum</i> | 1.1 | IV ⁺³ | | <i>Dryopteris spinulosa</i> | + | III ⁺¹ |
| | <i>Pulmonaria obscura</i> | + | IV ⁺² | | <i>Hieracium murorum</i> | + | III ⁺¹ |
| | <i>Paris quadrifolia</i> | + | III ⁺¹ | | <i>Senecio Fuchsii</i> | + | III ⁺¹ |
| | <i>Epipactis latifolia</i> | + | III ⁺ | | <i>Urtica dioica</i> | + | I ⁺¹ |
| | <i>Festuca gigantea</i> | + | III ⁺¹ | BC | <i>Abies alba</i> | 1.1 | |
| | <i>Rubus hirtus</i> | + | III ⁺¹ | BC | <i>Acer platanoides</i> | + | |
| | <i>Epilobium montanum</i> | + | II ⁺ | BC | <i>Acer pseudoplatanus</i> | + | |
| | <i>Hepatica nobilis</i> | + | II ⁺² | BC | <i>Fagus silvatica</i> | + | |
| | <i>Sanicula europaea</i> | + | II ⁺ | BC | <i>Picea excelsa</i> | + | |
| | <i>Isopyrum thalictroides</i> | + | I ⁺ | BC | <i>Tilia cordata</i> | + | |
| | <i>Mercurialis perennis</i> | 1.2 | I ⁺² | | <i>Campanula persicifolia</i> | + | ° |
| | <i>Neottia nidus-avis</i> | + | I ⁺ | | <i>Cerasus avium</i> | + | |
| | <i>Polygonatum multiflorum</i> | + | I ⁺ | | <i>Hedera helix</i> | + | |
| Ch. Quercu-Fagetea: | | | | | <i>Monotropa hypopitys</i> | + | |
| BC | <i>Lonicera xylosteum</i> | + | V ⁺¹ | | <i>Padus avium</i> | + | |
| BC | <i>Corylus avellana</i> | + | IV ⁺¹ | | <i>Primula officinalis</i> | + | |
| BC | <i>Evonymus verrucosus</i> | + | II ⁺¹ | | <i>Quercus sessilis</i> | + | |
| BC | <i>Evonymus europaea</i> | + | I ⁺ | | <i>Taraxacum officinale</i> | + | ° |
| Inne (Others) | | | | | | | |
| A | <i>Fagus silvatica</i> | 5.5 | V ¹⁻⁵ | D | <i>Plagiothecium</i> sp. | + | |

Uwaga: Stopnie stałości zaczerpnięto z tabeli IV kolumny „b” w pracy A. Medweckiej-Kornaś i J. Kornaś (1963)

Objaśnienie skrótów: Ch. — gatunki charakterystyczne, A — gatunki występujące w warstwie drzew, BC — gatunki występujące na przejściu z warstwy podszytu do warstwy runa.

Note: The degrees of presence were taken from table IV column „b” of the paper by A. Medwecka-Kornaś and J. Kornaś (1963)

Explanations of abbreviations: Ch. — characteristic species, A — species occurring in the tree layer, BC — species occurring in the transition from shrub to field layer.

runa obliczono w oparciu o metodę Wiegerta i Evansa (1964). Metoda ta polega na badaniu zmian stanu biomasy części żywych i ilości obumarłych części roślin oraz szybkości rozkładania się obumarłego materiału roślinnego.

Aby określić stan biomasy runa oraz ilość części obumarłych, pobierano mniej więcej w miesięcznych odstępach czasu próbki runa. Na początku okresu wegetacji, z początkiem kwietnia, rozmieszczono na całej powierzchni w sposób losowy 36 tak zwanych prób wzorcowych. Próby wzorcowe, oznaczone w sposób trwały w terenie, miały kształt kolisty i powierzchnię 1/6 m² każda. Następnie każdorazowo zbierano runo z 36 prób możliwie analogicznych do prób wzorcowych, położonych blisko nich i o tych samych rozmiarach. W ten sposób można było określić zmiany sezonowe zachodzące w próbach wzorcowych i równocześnie wyeliminować wariancję, jaka mogłaby powstać między miesięcznymi próbami w wyniku zróżnicowania przestrzennego warstwy runa, a nie jego rozwoju, gdyby każdorazowo losowano nowe próby.

Wybrane poletko ograniczano metalową obręczą i odcinano jego kontury w glebie. Następnie zbierano pędy wraz z materiałem obumarłym oraz wykopywano kłącza i korzenie należące do roślin runa. Dalej analizę przeprowadzano odrębnie dla każdej próby, przy czym materiał dzielono na gatunki. Liczono ilość okazów każdego gatunku i rozdzielano na pędy (części żywe i części obumarłe), kłącza i korzenie. Materiał płukano w wodzie, suszono do stałej wagi w temperaturze 85°C i ważono z dokładnością do 0,01 g.

Dwa wybrane gatunki: *Asarum europaeum* i *Asperula odorata* analizowano bardziej szczegółowo.

Celem powiązania ogólnych danych co do zmian stanu biomasy wyrażonych liczbowo z przejawami życiowymi roślin prowadzono obserwacje nad fenologią runa.

Za pomocą spalania materiału roślinnego w bombie kalorymetrycznej określono wartość kaloryczną oraz zawartość popiołu w roślinach w różnych porach sezonu wegetacji. Analizy te wykonał mgr A. D r o Ź d Ź z Zakładu Genetyki Zwierząt przy Katedrze Ewolucjonizmu i Genetyki Zwierząt UJ w Krakowie.

6.3. Obserwacje fenologiczne

Rozwój runa (ryc. 6.1.) rozpoczął się w roku badań na przełomie pierwszej i drugiej dekady kwietnia. 3 kwietnia śnieg zalegał jeszcze prawie całą badaną powierzchnię warstwą do 40 cm grubą. Runo było w stanie spoczynku zimowego. 9 kwietnia śnieg utrzymywał się już tylko w zagłębieniach w postaci nielicznych, pojedynczych płatów. W tym dniu została zebrana pierwsza próba. Rośliny zimozielone znajdowały się

w okresie intensywnego rozwoju. *Hepatica nobilis* miała pączki kwiatowe, rozwijały się pączki pędów *Asarum europaeum*.

Z początkiem maja runo było w pełni wiosennego rozwoju. Kwitła i owocowała *Hepatica nobilis*; *Isophyrum thalictroides* kończyło okres kwitnienia. Zaczynały kwitnąć: *Asarum europaeum*, *Pulmonaria obscura*, *Mercurialis perennis*, *Viola silvestris*, *Oxalis acetosella* i inne. Buk, którego pierwsze liście na gałęziach pniowych i w podroście zaczęły się rozwijać 28 kwietnia, w pierwszych dniach maja był już w połowie rozlistniony. 18 maja młode liście pokrywały całą buczynę. Przy pełnym rozlistnieniu przenikało do dna lasu zaledwie 5% światła pełnego, gdy natomiast w stanie bezlistnym — pomiar w listopadzie — około 60% (por. rozdz. 3).

W pierwszych dniach czerwca kwitły: *Asperula odorata*, *Paris quadrifolia*, *Lathyrus vernus*, *Carex silvatica* i in. Rośliny, które kwitły w maju, były w stadium dojrzewania lub rozsiewania nasion.

Miesiące maj i czerwiec odznaczały się wysokimi temperaturami, dużym usłonecznieniem i jeszcze dość wysoką wilgotnością powietrza i gleby. W warstwie 0—5 cm wilgotność gleby mieściła się w normalnych granicach (powyżej 40% maksymalnej pojemności wodnej) w kwietniu, maju, czerwcu i grudniu. W pozostałych miesiącach, tzn. od lipca do listopada wilgotność była niższa, przy czym najniższe wartości zanotowano w sierpniu (por. rozdz. 4).

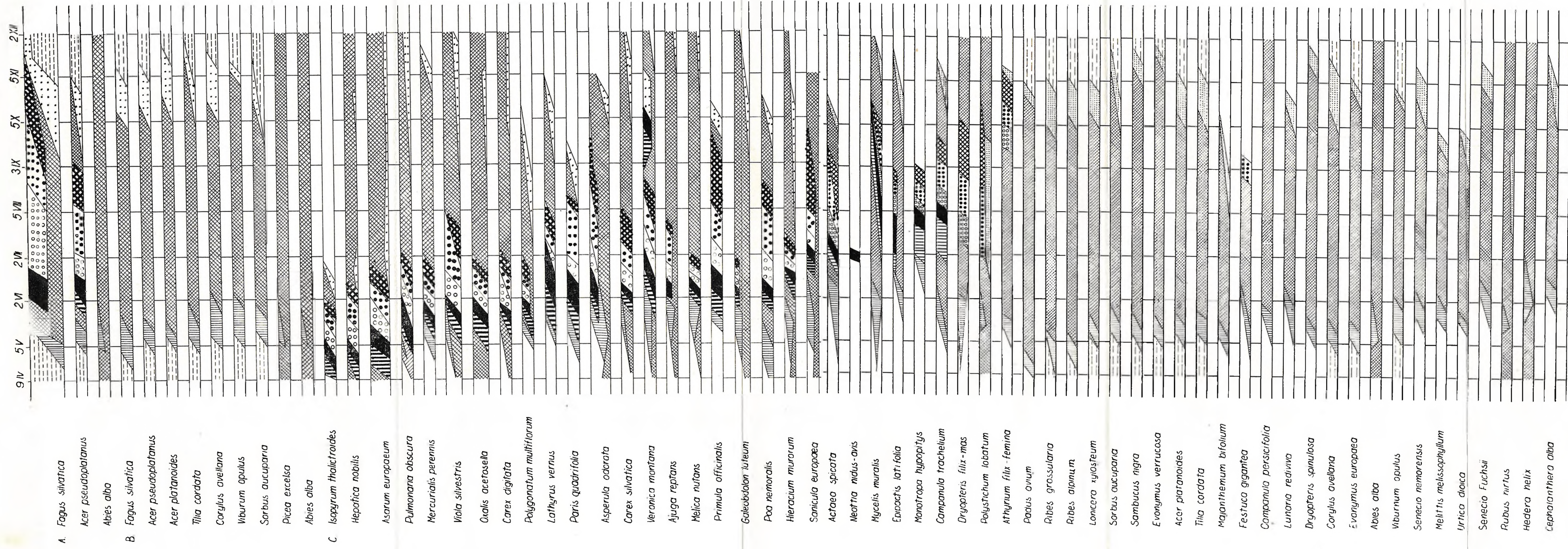
W ciągu lipca i sierpnia wiele roślin rozsiewało owoce lub nasiona, niektóre, jak np. *Actaea spicata*, *Epipactis latifolia*, *Monotropa hypopitys*, *Campanula trachelium*, kwitły. Rośliny zimozielone utraciły w tym okresie zeszłoroczne liście. Niska wilgotność gleby w sierpniu wyraźnie wpłynęła na rośliny, gdyż wiele roślin korzeniących się w górnej warstwie gleby uschło w tym okresie.

W jesieni stopniowo coraz więcej roślin żółkło i obumierało. Pierwszy przymrozek na terenie Ojcowa wystąpił 13 września. W ciągu października przymrozki występowały prawie codziennie. Częste opady ciągle powodowały stały wzrost wilgotności powietrza. 3 listopada wystąpił pierwszy opad śniegu, w pierwszych dniach grudnia cała powierzchnia badawcza pokryta była kilkucentymetrową jego warstwą.

6.4. Zmiany stanu biomasy

Ogólny przebieg zmian stanu biomasy żywych i obumarłych części roślin runa oraz kłaczy i korzeni przedstawia diagram na ryc. 6.2. W kwietniu na 1 m² powierzchni występowało średnio 1,71 g¹ części żywych.

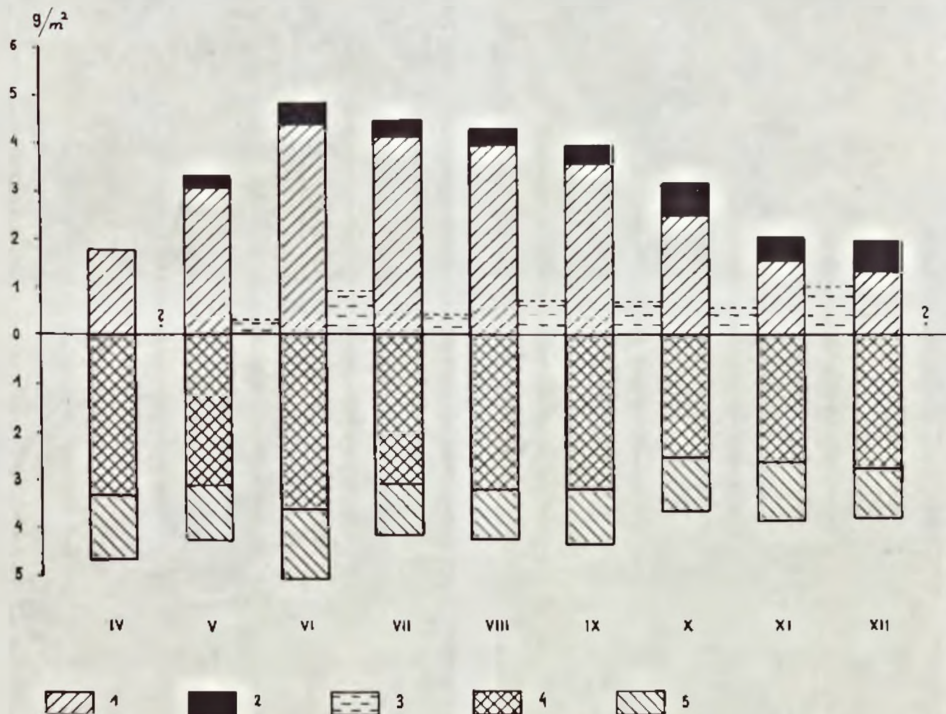
¹ Wszystkie wartości liczbowe dotyczące stanu biomasy podano w jednostkach suchej masy.



Ryc. 6.1. Spektrum fenologiczne zespołu *Fagetum carpaticum*. Stadia fenologiczne: 1 — stadium spoczynku (u drzew i krzewów), 2 — rozwój liści, 3 — normalne stadium asymilacyjne, 4 — pączki kwiatowe, 5 — kwitnienie, 6 — niedojrzałe nasiona, 7 — dojrzałe nasiona, 8 — rozstewanie owoców lub nasion, 9 — żółknięcie liści

Fig. 6.1. Phenological spectrum of the *Fagetum carpaticum* association. Phenological stages: 1 — stage of dormancy (in trees and shrubs), 2 — development of leaves, 3 — normal assimilation stage, 4 — flower buds, 5 — blossoming, 6 — unripe seeds, 7 — ripe seeds, 8 — dispersing of fruit or seeds, 9 — yellowing of leaves.

Było to nieco więcej, niż zaobserwowano w grudniu, co wskazuje, że w pierwszym pomiarze wiosennym nie uchwycono stadium spoczynku zimowego. Od kwietnia aż do czerwca odbywał się intensywny wzrost roślin. W czerwcu stan biomasy osiągnął maksymalną wielkość i wynosił



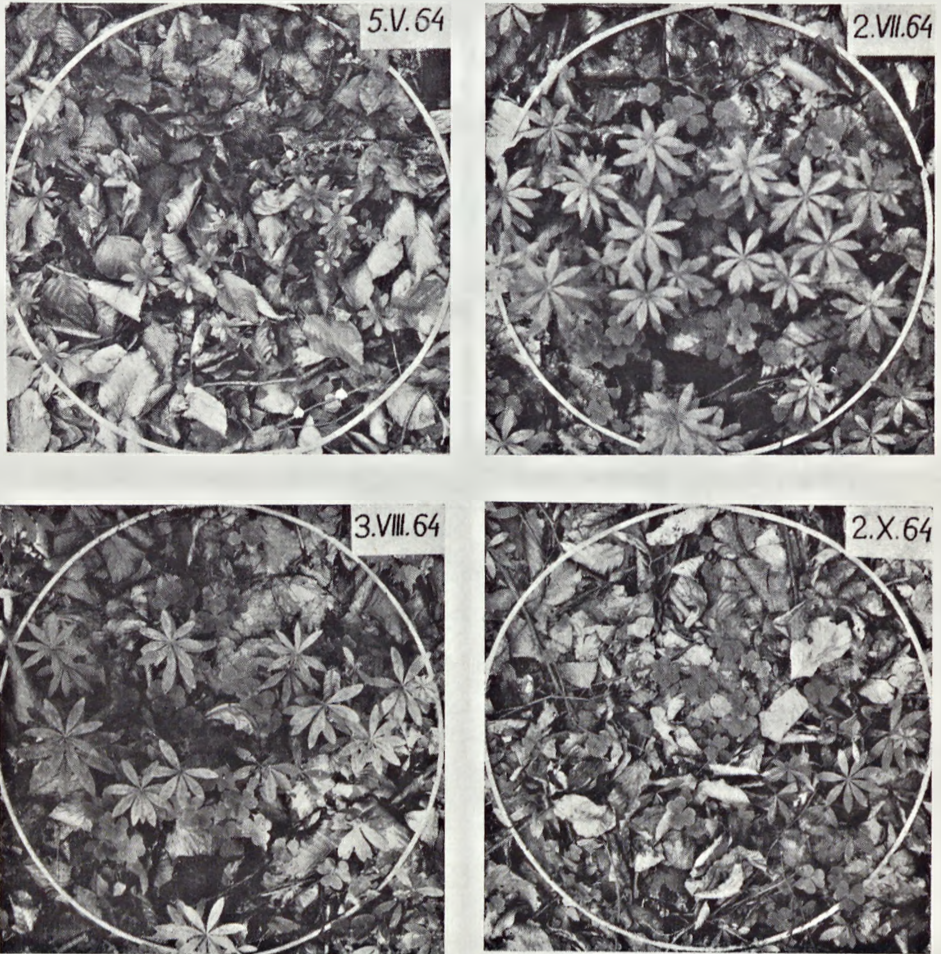
Ryc 6.2. Zmiany stanu masy runa *Fagetum carpaticum* uzupełnione ilością części martwych i ich rozkładem (w g suchej masy/m²): 1 — części żywe pędów, 2 — części obumarłe pędów, 3 — ilość obumarłego materiału, która uległa rozkładowi, 4 — kłącza, 5 — korzenie

Fig. 6.2. Changes in the standing crop of ground flora of *Fagetum carpaticum*, supplemented by the amount of dead parts and their decay (in g of dry matter per m²): 1 — living parts of shoots, 2 — dead parts of shoots, 3 — amount of dead material which underwent decay, 4 — rhizomes, 5 — roots

4,4 g/m², następnie obniżał się, mimo że nadal odbywał się wzrost i rozwój niektórych roślin, zwłaszcza gatunków zimozielonych. W początku grudnia stan biomasy pędów wynosił 1,28 g/m².

Rozwój roślinności w ciągu sezonu wegetacyjnego zarejestrowany został na zdjęciach fotograficznych, wykonanych w kilku wybranych próbach wzorcowych (ryc. 6.3).

Ilość części obumarłych pochodzących z roślin runa była oceniana od maja do grudnia. Ilość ta wahała się w granicach od 0,23 do 0,62 g/m².



Ryc. 6.3. Rozwój roślin runa w jednej z prób wzorcowych. Daty wykonania zdjęć uwidocznione na rycinach

Fig. 6.3. The development of ground flora plants in one of the model sample areas. The dates when the photographs were taken are shown in the figures

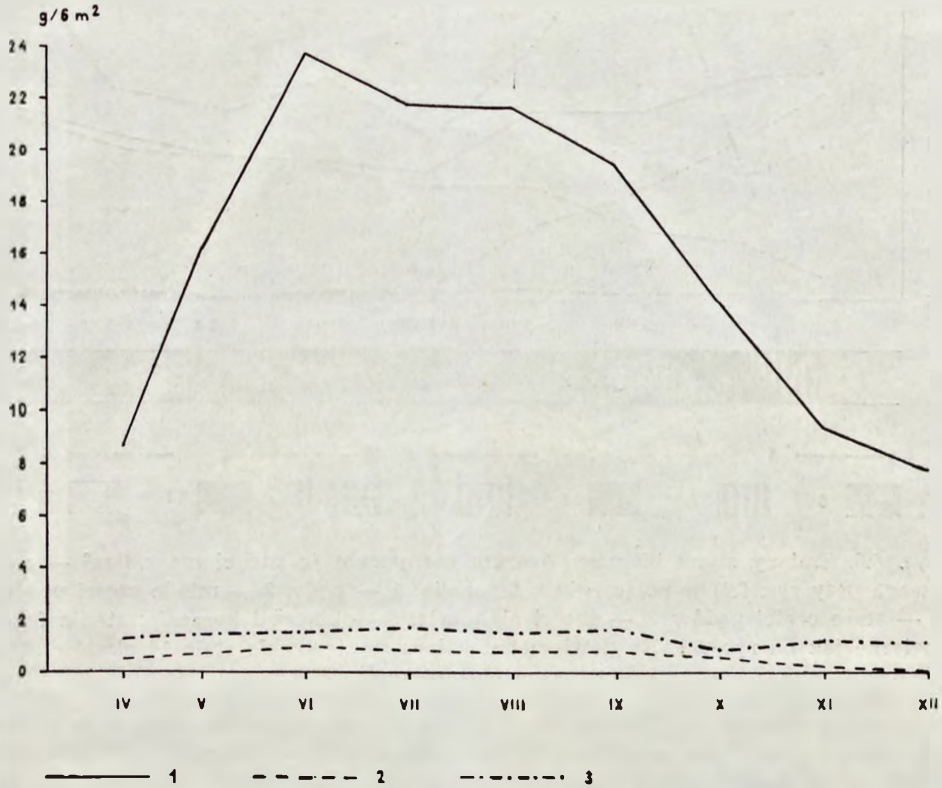
Fot. S. Michalik

Brak gromadzenia się szczątków roślinnych w jesieni wskazuje na dużą szybkość rozkładania się obumarłego materiału.

Maksymalny stan biomasy systemów korzeniowych stwierdzono w czerwcu ($5,04 \text{ g/m}^2$), minimalny w październiku ($3,63 \text{ g/m}^2$); utrzymywał się on na tym ostatnim poziomie z niewielkimi wahaniami aż do grudnia. Wykorzystanie danych o zmianach w biomasy korzeni celem uchwycenia ich produkcji wymaga jednak osobnych studiów.

Jeżeli się uwzględni formy życiowe, do jakich np. według klasyfikacji Raunkiaera należą poszczególne gatunki runa, można uchwycić in-

interesujące różnice pomiędzy nimi w cyklach zmian stanu biomasy. Zestawienie takie zostało wykonane dla powierzchni buczyny badanej w r. 1963 (Rajchel 1965) — dla opisywanego płatu przedstawia je ryc. 6.4. Rozwój geofitów, do których zaliczono *Cephalanthera alba*, *La-*

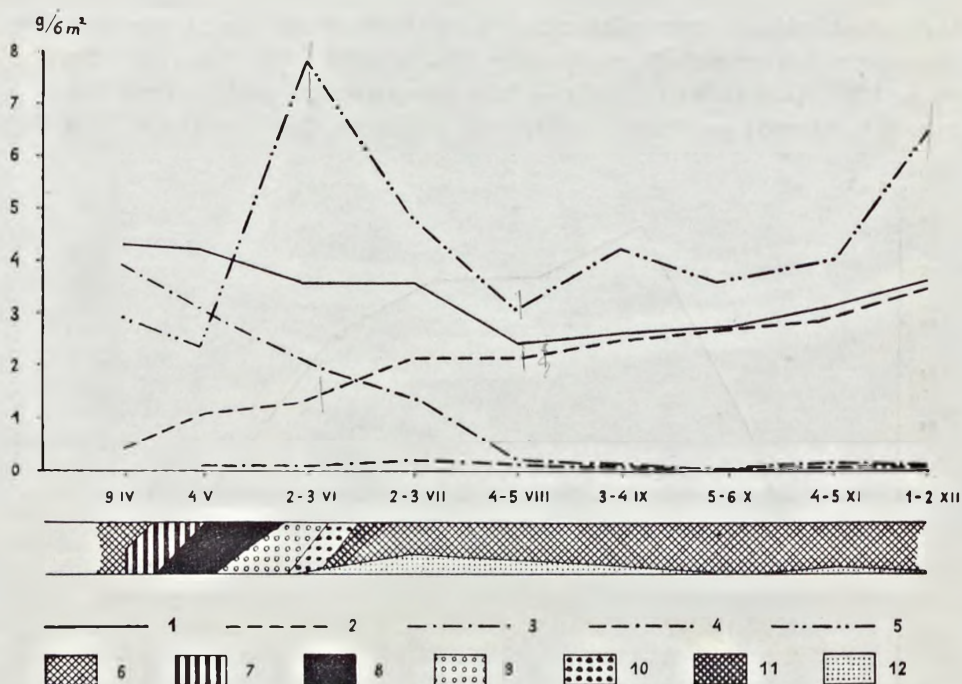


Ryc. 6.4. Zmiany stanu biomasy pędów różnych form życiowych Raunkiaera (g suchej masy/6 m²): 1 — hemikryptofity, 2 — geofity, 3 — nanofanerofity. Uwaga: wartości, dla których nie obliczano zakresu wariancji, podano w odniesieniu do całej powierzchni, z jakiej pobrano próbę

Fig. 6.4. Changes in the standing crop of shoot biomass of different life-forms acc. to Raunkiaer (in g of dry matter per 6 m²): 1 — hemicryptophytes, 2 — geophytes, 3 — nanophanerophytes

Note: Values for which the variancy range has not been computed, are given in relation to the whole area from which the sample had been taken

thyrus vernus i *Mercurialis perennis* (trzeba zaznaczyć, że w badanej buczynie brak geofitów bulwowych i cebulowych rosnących w żyzniejszych partiach *Fagetum carpaticum*) rozpoczął się w kwietniu. Główny wzrost odbywał się na wiosnę aż do osiągnięcia maksimum w czerwcu. W ciągu września zanikły części nadziemne *Cephalanthera alba* i *Lathyrus vernus*, pędy *Mercurialis perennis* utrzymywały się aż do początku listopada.



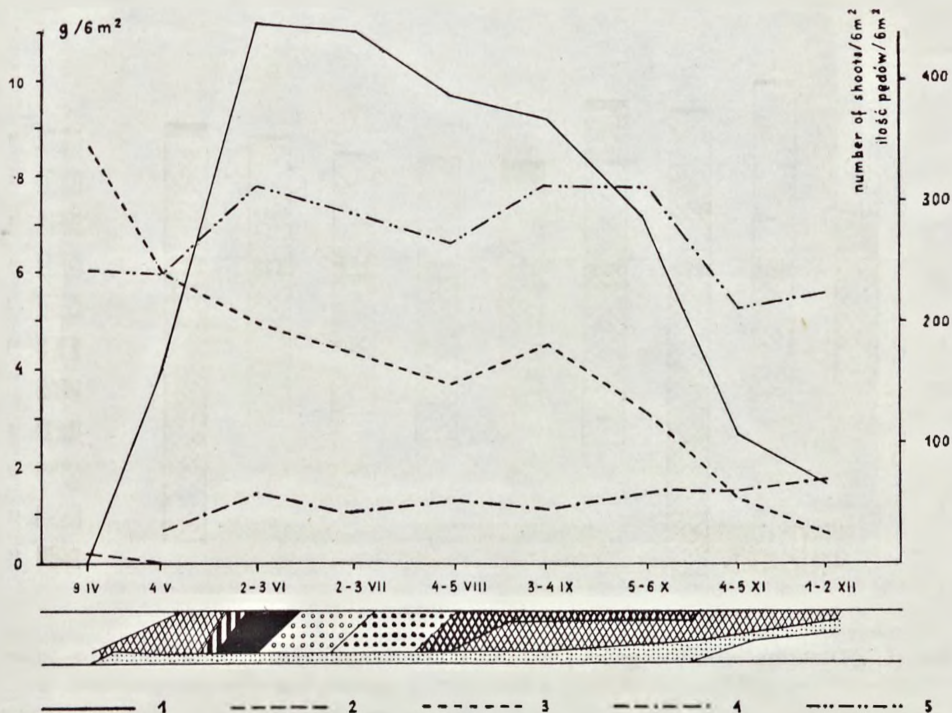
Ryc. 6.5. Zmiany stanu biomasy *Asarum europaeum* (g suchej masy/6 m² — por. uwaga przy ryc. 6.4) w połączeniu z fenologią: 1 — pędy, 2 — młode części pędów, 3 — stare części pędów, 4 — części obumarłe, 5 — kłącza i korzenie; stadia fenologiczne jak na ryc. 6.1. Na powierzchni zbioru występowało stale 10 okazów *Asarum europaeum*

Fig. 6.5. Changes in the standing crop of *Asarum europaeum* biomass (in g of dry matter per 6 m² — cfr. note fig. 6.4) with phenology: 1 — shoots, 2 — young parts of shoots, 3 — old parts of shoots, 4 — dead parts, 5 — rhizomes and roots; phenological stages as in fig. 6.1. In the collection area occurred constantly 10 specimens of *Asarum europaeum*

Spośród roślin występujących w próbach, do hemikryptofitów zaliczono: *Actaea spicata*, *Ajuga reptans*, *Asarum europaeum*, *Asperula odorata*, *Dryopteris filix-mas*, *Galeobdolon luteum*, *Hepatica nobilis*, *Mycelis muralis*, *Oxalis acetosella*, *Pulmonaria obscura*, *Viola silvestris*. Prawie wszystkie te rośliny są zimnozielone, dlatego też na początku i na końcu sezonu wegetacyjnego wykazywały wysoki stan biomasy pędów. Najwyższy stan wystąpił w czerwcu.

Nanofanerofity, do których zaliczono siewki *Acer pseudoplatanus*, *Fagus sylvatica*, *Sorbus aucuparia* i *Evonymus europaea*, wykazały największą masę pędów we wrześniu.

Blizszą uwagę zwrócono na dwa gatunki występujące szczególnie obficie w runie badanego płatu, a mianowicie na *Asarum europaeum* i *Aspe-*



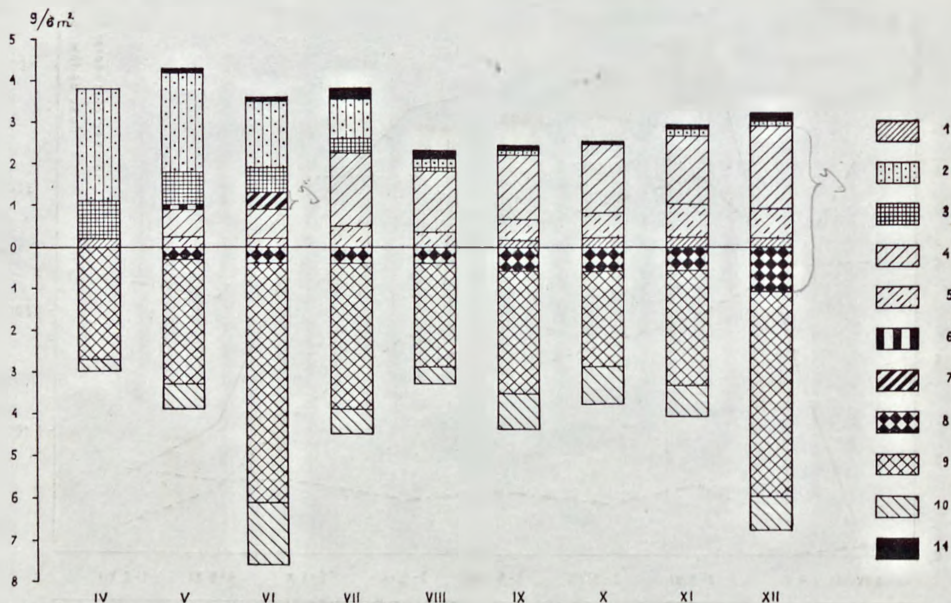
Ryc. 6.6. Zmiany stanu biomasy (g suchej masy/6 m² — por. uwaga przy ryc. 6.4) i ilości pędów *Asperula odorata* w połączeniu z fenologią: 1 — młode pędy, 2 — stare pędy, 3 — ogólna ilość pędów, 4 — części obumarłe, 5 — kłącza i korzenie; stadia fenologiczne jak na ryc. 6.1. Skala ilości pędów odnosi się do linii 3

Fig. 6.6. Changes in the standing crop biomass (in g of dry matter per 6 m² — cfr. note fig. 6.4) and number of shoots of *Asperula odorata* with phenology: 1 — young shoots, 2 — old shoots, 3 — total number of shoots, 4 — dead parts, 5 — rhizomes and roots; phenological stages as in fig. 6.1. The scale of shoot number relates to line 3

rula odorata. Wykonywano również badania wartości fotosyntezy i oddychania tych gatunków w ciągu sezonu wegetacyjnego (por. rozdz. 7). Wykresy na ryc. 6.5 i 6.6 przedstawiają zmiany masy ich pędów, systemów korzeniowych i ilości części martwych w połączeniu z fenologią. Diagramy na ryc. 6.7 i 6.8 mają za cel zobrazować, co powoduje takie zmiany stanu biomasy.

Asarum europaeum należy do zimozielonych gatunków. Liście, które przezimowały, obumierały od początku maja aż do lipca. Tylko nieliczne okazy zachowały stare liście aż do trzeciego sezonu wegetacyjnego. Wzrost młodych liści odbywał się od początku maja aż do grudnia. Najsilniejszy wzrost oraz produkcja kwiatów i owoców miały miejsce w maju i czerwcu. W tym samym okresie asymilacja młodych liści *Asarum* miała najwyższą



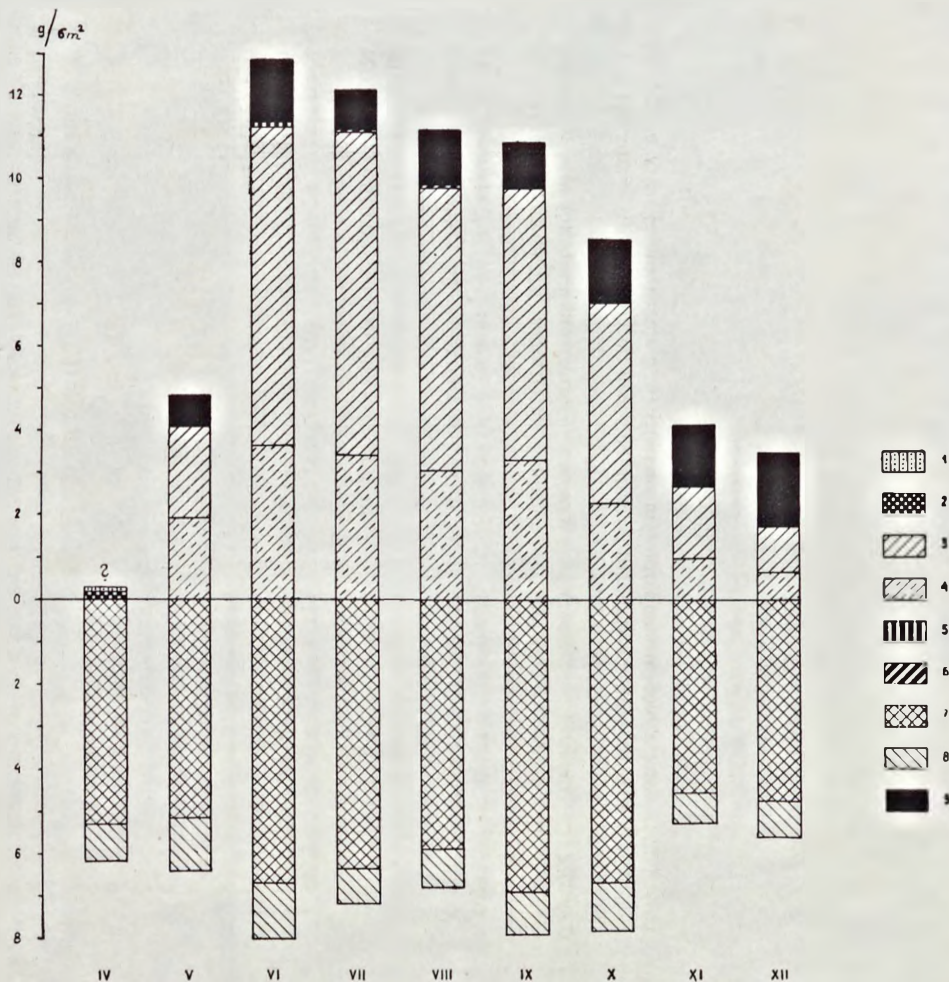


Ryc. 6.7. Diagram zmian biomasy *Asarum europaeum* (g suchej masy/6 m² — por. uwaga przy ryc. 6.4): 1 — pączki pędów, 2 — blaszki liściowe starych liści, 3 — ogonki liściowe starych liści, 4 — blaszki liściowe młodych liści, 5 — ogonki liściowe młodych liści, 6 — kwiaty, 7 — owoce, 8 — młody przyrost kłączy, 9 — kłącza, 10 — korzenie, 11 — części obumarłe

Fig. 6.7. Diagram of biomass changes of *Asarum europaeum* (in g of dry matter per 6 m² — cfr. note fig. 6.4): 1 — shoot buds, 2 — blades of old leaves, 3 — petioles of old leaves, 4 — blades of young leaves, 5 — petioles of young leaves, 6 — flowers, 7 — fruit, 8 — recent increment on rhizomes, 9 — rhizomes, 10 — roots, 11 — dead parts

wartość (por. rozdz. 7). Produkcja *Asarum*, jak to ilustruje diagram (ryc. 6.7), składa się z produkcji liści, owoców (okwiat pozostaje na owocu), pączków na następny sezon wegetacyjny, przyrostu młodego kłącza. Wszystkie te elementy z wyjątkiem owoców mają największą masę w grudniu. Produkcja owoców stanowiła 10% wartości produkcji części wegetatywnych. W obliczeniach nie uchwycono przyrostu korzeni oraz przyrostu starego kłącza na grubość.

Asperula odorata jest tylko w małym stopniu gatunkiem zimozielonym. W maju nie obserwowano już pędów z poprzedniego sezonu wegetacyjnego (ryc. 6.8). Intensywny rozwój młodych pędów nastąpił w ciągu kwietnia i maja. W początku czerwca przypadł maksymalny stan biomasy tego gatunku. W ciągu lipca, sierpnia i września stan *Asperula odorata* zmniejszał się nieznacznie, w ciągu następnych miesięcy silnie zmalał. Produkcja kwiatów i owoców stanowiła ułamek procentu całej produkcji części nadziemnych.



Ryc. 6.8. Diagram zmian biomasy *Asperula odorata* (g suchej masy/6 m² — por. uwaga przy ryc. 6.4): 1 — blaszki liściowe starych pędów, 2 — łodygi starych pędów, 3 — blaszki liściowe młodych pędów, 4 — łodygi młodych pędów, 5 — kwiaty, 6 — owoce, 7 — kłącza, 8 — korzenie, 9 — części obumarłe

Fig. 6.8. Diagram of biomass changes of *Asperula odorata* (in g of dry matter per 6 m² — cfr. note fig. 6.4): 1 — leaf blades of old shoots, 2 — stems of old shoots, 3 — leaf blades of young shoots, 4 — stems of young shoots, 5 — flowers, 6 — fruit, 7 — rhizomes, 8 — roots, 9 — dead parts

6.5. Obliczenie wartości produkcji netto runa

Celem pracy było obliczenie wartości produkcji netto runa w ciągu sezonu wegetacyjnego. Zastosowano przy tym, z pewnymi modyfikacjami, spowodowanymi odmiennym charakterem badanego zbiorowiska, metodę Wiegerta i Evansa (1964).

Tabela 6. 11

Średnie wartości stanu biomasy oraz ilości części obumarłych runa wraz z błędem standardowym średniej (w gramach suchej masy na 1/6 m²)
 The arithmetical mean values of standing crop of ground flora and of dead parts with the standard error of the mean (in grams of dry matter per 1/6 m²)

| Miesiące Months | Kwiecień April | Maj May | Czerwiec June | Lipiec July | Sierpień August | Wrzesień September | Październik October | Listopad November | Grudzień December |
|---|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
| części nadziemne above ground parts | żywe living | 0,287 ±0,104 | 0,517 ±0,129 | 0,733 ±0,162 | 0,677 ±0,131 | 0,655 ±0,132 | 0,408 ±0,090 | 0,274 ±0,063 | 0,213 ±0,054 |
| | obumarłe dead | ? | 0,038 ±0,009 | 0,070 ±0,013 | 0,056 ±0,012 | 0,053 ±0,014 | 0,103 ±0,030 | 0,069 ±0,016 | 0,103 ±0,024 |
| części podziemne underground parts | | 0,777 ±0,139 | 0,840 ±0,198 | 0,696 ±0,126 | 0,725 ±0,153 | 0,745 ±0,135 | 0,605 ±0,117 | 0,625 ±0,139 | 0,606 ±0,141 |

Do obliczenia produkcji części nadziemnych wykorzystano dane dotyczące stanu biomasy części żywych (b_i) oraz masy części obumarłych (a_i) w różnych okresach czasu. Wartości te wraz z błędem standardowym średniej zestawiono w tab. 6.II.

Ze względu na bardzo niewielką ilość części obumarłych pochodzących z roślin runa, a równocześnie dużą szybkość ich rozkładu, nie można było zastosować metody par poletek opisanej przez wymienionych autorów (Wiegert, Evans l. c., por. rozdz. 2). Obliczenie szybkości rozkładania się obumarłego materiału wykonano w oparciu o zmianę ilości części żywych i obumarłych wybranych gatunków w znanym okresie czasu na całej powierzchni zbioru 6 m^2 (powierzchnia zbioru w jednym miesiącu była analogiczna do powierzchni zbioru w drugim miesiącu, gdyż obie były analogiczne do prób wzorcowych). Jeżeli w jakimś okresie czasu $t_1 - t_0$, wyrażonym w dniach, zmniejsza się ilość części żywych, a równocześnie zmienia się ilość części obumarłych danego gatunku, to różnica pomiędzy sumą ilości części żywych i martwych w czasie t_0 a ilością części żywych w czasie t_1 (przy założeniu, że w czasie $t_1 - t_0$ nie zachodzi przyrost żywego materiału) stanowi ilość materiału roślinnego w_0 , która w tym czasie podlegała rozkładowi. Ilość obumarłych części w czasie t_1 oznaczono jako w_1 . Szybkość rozkładu obliczono ze wzoru:

$$r = \frac{\ln(w_0/w_1)}{t_1 - t_0}$$

Wartość r w miesiącach jesiennych obliczono dla *Actaea spicata*, *Asperula odorata*, *Mercurialis perennis* i in., a do dalszych obliczeń użyto średniej z tych wartości.

Znacznie trudniejsza była ocena szybkości rozkładu w miesiącach wiosennych i letnich, kiedy procesy przyrostu dominują nad procesami obumierania. Wykorzystano w tym celu dane dotyczące obumierania starych liści *Asarum europaeum*. Jako w_0 oznaczono różnicę między masą starych liści *Asarum* wraz z częściami obumarłymi w czasie t_0 a masą starych liści w czasie t_1 ; ilość martwego materiału w czasie t_1 oznaczono jako w_1 . Przyjęto, zdając sobie sprawę z popełnianego błędu, że szybkość rozkładu obumarłego materiału pochodzącego z różnych gatunków jest w tym czasie zbliżona do wartości obliczonej dla *Asarum europaeum*. Wartości r dla różnych okresów czasu zestawiono w tab. 6.III.

Tak obliczona wartość szybkości rozkładu obarczona jest błędem, wynikającym z przyjętego założenia, że proces obumierania i rozkładu materiału podlegającego rozkładowi rozpoczyna się w momencie t_0 , w rzeczywistości natomiast rozpoczyna się on stopniowo w ciągu całego okresu czasu $t_1 - t_0$. Mając dane r obliczono:

ilość rozłożonego materiału x_t w czasie t_t

$$x_t = (a_t + a_{t-1}) : 2rt_t$$

gdzie a_i i a_{i-1} oznaczają ilość obumarłego materiału roślinnego na końcu i na początku okresu obserwacji t_i wyrażonego w dniach;
 śmiertelność zielonego (żywego) materiału roślinnego d_i

$$d_i = x_i + \Delta a_i,$$

gdzie Δa_i oznacza różnicę między ilością obumarłego materiału na końcu i na początku okresu czasu t_i ;
 wzrost żywego materiału

$$y_i = \Delta b_i + d_i,$$

gdzie Δb_i oznacza różnicę między ilością żywego materiału na końcu i na początku okresu czasu t_i . Otrzymane wyniki zestawiono w tab. 6.III.

Tabela 6. III

Współczynniki dla obliczenia wartości produkcji runa w zespole *Fagetum carpaticum*
 (por. wzór na s. 107 i 108)
 Coefficients for the value of production of ground flora in the association *Fagetum carpaticum* (compare formula on p. 107 and 108)

| | t_i | r_i | x_i | d_i | y_i |
|---|-------|---------|---------|---------|---------|
| kwiecień — maj April — May | 25 | ? 0,053 | ? 0,051 | ? 0,051 | ? 0,280 |
| maj — czerwiec May — June | 30 | 0,086 | 0,140 | 0,172 | 0,389 |
| czerwiec — lipiec June — July | 30 | 0,035 | 0,066 | 0,052 | -0,004 |
| lipiec — sierpień July — August | 33 | 0,067 | 0,114 | 0,111 | 0,088 |
| sierpień — wrzesień August — September | 30 | 0,077 | 0,122 | 0,121 | 0,058 |
| wrzesień — październik September — October | 32 | 0,037 | 0,093 | 0,144 | -0,040 |
| październik — listopad October — November | 30 | 0,066 | 0,170 | 0,137 | 0,003 |

Objaśnienie: t_i — czas w dniach; r_i — szybkość rozkładu obumarłego materiału w g/g/dzień; x_i — ilość rozłożonego martwego materiału w czasie t_i w g/1/6 m²; d_i — śmiertelność w g/1/6 m²; y_i — wzrost runa w g/1/6 m².
 Explanation: t_i — time in days; r_i — the rate of disappearance of the dead material in g/g per day; x_i — the amount of the decayed dead material in time t_i in g/1/6 m²; d_i — mortality in g/1/6 m²; y_i — the increase of ground flora in g/1/6 m².

Wartość produkcji pierwotnej w ciągu okresu wegetacyjnego jest sumą wzrostu żywego materiału $\sum y_i$, którą wyrazić można uproszczonym wzorem (Wiegert, Evans 1964):

$$\sum_{i=1}^n y_i = (b_n - b_0) + (a_n - a_0) + \sum_{i=1}^n x_i$$

gdzie a_0 i a_n oznaczają ilość obumarłego materiału roślinnego na początku i na końcu okresu badań, b_0 i b_n odpowiednio ilość żywego materiału.

Obliczona w ten sposób wartość produkcji runa od kwietnia do października wyniosła 46,5 kg suchej masy na 1 ha.

Przeprowadzone na tej samej powierzchni leśnej badania nad wpływem fauny bezkręgowców na produkcję roślin runa (por. rozdz. 8) wykazały, że zwierzęta bezkręgowce zjadły około 4,9% wyprodukowanej w ciągu sezonu wegetacyjnego masy roślinnej, czyli około 2,3 kg suchej masy na 1 ha. Sumując te wartości otrzymujemy 48,8 kg wyprodukowanej masy roślin na 1 ha.

Produkcję systemów korzeniowych można w przybliżeniu ocenić z różnicy między ich maksymalnym a minimalnym stanem biomasy. Wyniosła ona około 14,1 kg/ha.

Ogólna produkcja runa osiągnęła zatem łącznie około 62,9 kg suchej masy na ha, co zgodnie z wynikami pomiarów wartości kalorycznej roślin runa wynosi około 236 000 Kcal/ha. Dzienna produkcja w okresie sezonu wegetacyjnego, tzn. od kwietnia do października łącznie, wyniosła średnio 315 g/ha, czyli około 1200 Kcal/ha.

Dane dotyczące wartości kalorycznej oraz zawartości popiołu w materiale roślinnym zestawiono w tab. 6.IV.

Roczna produkcja drzewostanu na powierzchni doświadczalnej oceniona została na około 10 t suchej masy (por. rozdz. 5). Produkcja części nadziemnych runa stanowiła więc zaledwie około 0,5% ilości masy roślinnej wyprodukowanej w części nadziemnej przez badany drzewostan lasu bukowego.

Odnoszenie uzyskanych wyników do powierzchni jednego hektara obarczone jest statystycznie dość dużym błędem. Błąd standardowy średniej arytmetycznej wyrażony w procentach wynosił dla części nadziemnych (średnio dla całego okresu wegetacyjnego) około 23%, a dla części podziemnych odpowiednio około 19%. Celem eksperymentu zebrano jednorazowo runo z wylosowanych dodatkowo 36 prób. Błąd obliczony wtedy dla 72 prób wynosił dla części nadziemnych około 15%, a dla części podziemnych około 17%. Tak duży błąd statystyczny wynika głównie z wielkiej niejednorodności badanej warstwy, z istnienia miejsc o dużym zwarciu runa obok zupełnie pozbawionych roślin zielnych. Aby uzyskać dokładniejsze wyniki, należałoby znacznie zwiększyć ilość prób. Możliwe, że mniejszego nakładu pracy przy równoczesnym zwiększeniu dokładności

wymagałoby badanie produkcji poszczególnych gatunków, podobnie jak to było już częściowo stosowane przez niektórych badaczy (Sočava, Lipatova, Gorškova 1962).

Tabela 6. IV

Wartość kaloryczna roślin runa w lesie bukowym (w kaloriach na gram suchej masy) oraz zawartość popiołu (w procentach)

The caloric value of plants in the ground flora of a beech forest (in calories per gram of dry matter) and the ash content (per cent)

| | | 9 kwietnia 9th April | 2 czerwca 2nd June | 5 paździer- nika 5th October |
|--|--|-------------------------|-----------------------|------------------------------------|
| części nadziemne above ground parts | wartość kaloryczna ¹ caloric value | 3642 | 4142 | 4036 |
| | zawartość popiołu ash content | 7,52 | 7,75 | 9,49 |
| części podziemne underground parts | wartość kaloryczna ¹ caloric value | 3764 | 3683 | 3996 |
| | zawartość popiołu ash content | 7,99 | 6,35 | 6,57 |

¹ Z popiołem (with ash).

Uzyskaną wartość produkcji runa można porównać z wynikami otrzymanymi w innym płacie zespołu *Fagetum carpaticum* położonym również na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego (Rajchel 1965). Płat ten reprezentował także wariant z *Asperula odorata* i *Majanthemum bifolium*, lecz runo jego było bujne, o zwarciu dochodzącym w pełni rozwoju do 80%. Produkcja runa została oceniona na około 250 kg suchej masy na 1 ha. Zastosowano wówczas metodę, która opiera się na badaniach zmian stanu biomasy grup gatunków, należących do różnych form życiowych Raunkiaera. Produkcję oceniono przez zsumowanie maksymalnego stanu biomasy geofitów z produkcją hemikryptofitów i nanofanerofitów, ocenioną z różnicy między ich maksymalnym i minimalnym stanem biomasy.

Jeśli zastosować tę metodę obliczenia produkcji do powierzchni badanej w niniejszej pracy, wynik wyniesie około 30 kg/ha. Tak niska wartość produkcji w stosunku do płatu badanego w 1963 r. spowodowana jest mniejszym zwarcie runa, wynikającym zapewne z dużego ocienienia dna lasu, a być może i z zaznaczających się tu okresowo niekorzystnych stosunków wilgotnościowych gleby. Wartość niższa o około 16 kg/ha w stosunku do danych wyliczonych metodą Wiegerta i Evansa wynika

stąd, że w drugim sposobie oceny produkcji pomija się niektóre części roślin jak liście, łuski, kwiaty i owoce, obumierające lub opadające w ciągu całego okresu wegetacji. Prócz tego nie wszystkie gatunki w obrębie jednej grupy *R a u n k i a e r a* osiągają maksimum rozwoju w tym samym czasie, co także wpływa na obniżenie wyniku. Nie wiadomo również, czy maksymalny stan biomasy całej grupy przypadł w momencie pobierania próby.

Dziękuję serdecznie doc. dr Annie Medweckiej-Kornaś za wskazanie tematu badań i opiekę naukową, drowi Adamowi Łomnickiemu za cenne uwagi metodyczne, mgrowi Andrzejowi Drożdżowi z Zakładu Genetyki Zwierząt UJ za określenie wartości kalorycznej materiału roślinnego oraz Koleżankom i Kolegom za udostępnienie wyników badań oraz pomoc w terenie i pracowni.

PIŚMIENNICTWO

Medwecka-Kornaś A., Kornaś J. 1963. Mapa zbiorowisk roślinnych Ojcowskiego Parku Narodowego. Vegetation Map of the Ojców National Park. — *Ochr. Przyr.* 29 : 17—87.

Rajchel R. 1965. Produktywność pierwotna netto runa w dwóch zespołach leśnych Ojcowskiego Parku Narodowego. Net Primary Productivity of the Herb Layer in two Forest Associations of the Ojców National Park (Southern Poland). — *Fragm. flor. et geobot.* 11, 1 : 121—150.

Sočava V., Lipatova V., Gorškova A. 1962. Opyt učeta polnoj produktivnosti nadzemnoj časti travianogo pokrova. — *Botan. žurnal* 47, 4 : 473—484.

Wiegert R. G., Evans F. C. 1964. Primary production and the disappearance of dead vegetation on an old field in southeastern Michigan. — *Ecology* 45, 1 : 49—63.

SUMMARY

The investigated forest forms a stand of the association *Fagetum carpaticum*, variant with *Asperula odorata* and *Majanthemum bifolium*. The floristic composition of the investigated stand is presented in the phytosociological record (tab. 6.I) where the degrees of presence and the cover index for each species are given; they were calculated on the basis of several phytosociological records of this variant on the area of the Ojców National Park (Medwecka-Kornaś and Kornaś 1963).

The aim and method of investigation

It was the aim of this work to estimate the value of net primary production of the ground flora of the investigated forest area. The author tried to achieve this, by defining the standing crop of above-ground and underground parts of ground flora, the amount of dead parts, and the disappearance rate of dead material. 36 circular model sample plots of 1/6 m² each were appointed in the investigated area at random. They were marked permanently. Then, at about monthly intervals, samples of ground flora were taken from 36 plots similar in size, shape, amount of plants and species composition with the model sample plots. Each collection consisted therefore of 6 m². Samples collected

in that way, reflected the changes occurring on model sample plots and at the same time, they permitted elimination of the variation resulting from the heterogeneity of the layer of ground flora.

The value of production was calculated by the method elaborated by W i e g e r t and E v a n s (1964). On account of the very small amount of dead material, originating from ground flora plants and the very quick rate of their disappearance, it was not possible to apply the paired plots method, described by the above quoted authors. The modification of this method consisted of, the disappearance rate being calculated on the basis of the changes of standing crop, and the amount of dead parts originating from some chosen species on the whole area of collection.

The collected material was analysed separately for each sample. The material was divided into species (the number of individuals of each species was counted) and into the above-ground living and dead parts, as well as into rootstocks and roots. The material was washed in water, dried to constant weight in 85°C and weighed with an accuracy to 0,01 g.

Species *Asarum europaeum* and *Asperula odorata* were analysed in greater detail.

By burning the plants from the ground flora in a bomb calorimeter, their caloric value and ash content in the different periods of time, was defined.

Observations on the phenology and biology of the species of ground flora were also carried out.

Phenological observations

The phenological spectrum (fig. 6.1) arranged in the succession of flowering of species, illustrates the changes in a beech forest during a whole year of investigations. The development of ground flora began about the middle of April. At the beginning of May, the ground flora was at its full spring growth. *Hepatica nobilis* and *Isopyrum thalictroides* flowered and bore fruit. *Asarum europaeum*, *Viola silvestris*, *Oxalis acetosella* and others were beginning to blossom. In the middle of May, the beeches were fully covered with leaves and from that time, only 5% of full light reached the bottom of the forest (see chapter 3).

Asperula odorata, *Paris quadrifolia*, *Lathyrus vernus*, *Carex silvatica* and others blossomed in the first days of June. The plants which had flowered in May had ripening or ripe fruit. In July and August a few plants, such as *Actaed spicata*, *Epipactis latifolia*, *Monotropa hypopitys* flowered. Many plants sowed their fruits or seeds.

The first frost occurred in Ojców on September 13th and gradually more and more plants yellowed and died. On November 3rd, the first snow fell, and in the first days of December the whole area was covered with snow.

Changes in standing crop

The general course of changes in standing crop is presented in fig. 6.2. In April the standing crop of shoots amounted to 1,71 g/m² *. The maximum crop came in June 4.4 g/m², later it decreased to 1.28 g/m² in December.

* All the numerical values concerning the standing crop are given in dry matter units.

The number of dead parts oscillated between 0.23 to 0.62 g/m². The amount of dead material which underwent decay in the time between two successive samplings is marked in fig. 6.2.

The maximum standing crop of root systems amounted to 5.04 g/m², the minimum 3.63 g/m².

The average value of the above-ground living and dead parts, and the underground parts for one sample, with the standard error of the average is presented in table 6.II.

The cycles of changes in the standing crop of the different life-forms according to Raunkiaer — geophytes, hemicryptophytes, nanophanerophytes — are presented in fig. 6.4.

The diagrams in fig. 6.5 and 6.6 present the changes in the mass of *Asarum europaeum* and *Asperula odorata* in connection with the phenology of these species. The diagrams in fig. 6.7 and 6.8 present the processes, which cause such changes of the standing crop.

The estimation of value of the net ground flora production

The disappearance rate of dead material was calculated on the basis of changes in standing crop of green and dead material of the given species, in a given period of time on two analogous areas (as the areas of crops were analogous to the model samples areas, they were also analogous to one another). If in the given time interval t_1-t_0 expressed in days, the amount of living parts decreases and at the same time the number of dead parts of a given species changes, the difference between the sum of the living and dead parts in time t_0 and the amount of living parts in time t_1 (assuming, that there was no growth of living material in time t_1-t_0), makes the amount of plant material w_0 , which disappeared in that time. The amount of parts dead in time t_1 , was defined as w_1 . The disappearance rate was calculated from the formula

$$r = \frac{\ln (w_0/w_1)}{t_1 - t_0}$$

The values in autumn months, were calculated for *Actaea spicata*, *Asperula odorata*, *Mercurialis perennis* and others, and the arithmetical mean value, was used for further calculations. The value r in spring and summer months, was calculated on the basis of the dying processes of old leaves of *Asarum europaeum*.

On the basis of suitable formulae (Wiegert, Evans 1964), the amount of material decayed during the investigations, the mortality and the growth of green parts thus obtained, were presented in table 6.III.

The value of production was calculated from the formula:

$$\sum_{i=1}^n y_i = (b_n - b_0) + (a_n - a_0) + \sum_{i=1}^n x_i$$

where a_0 and a_n are the amount of dead plant material at the beginning and at the end of the period of investigation, b_0 and b_n the corresponding amount of living material, x_i — the amount of plant material which disappeared during the period of investigations.

The value of the production of ground flora from April to October calculated in this way was 46.5 kg of dry matter per hectare.

The losses caused by herbivorous invertebrates (see chapter 8) came to about 2.3 kg of dry matter per hectare.

The production of root systems was estimated approximately from the difference between their maximum and minimum standing crop. It was about 14.1 kg per hectare.

The general net production of ground flora was therefore 62.9 kg per hectare, that is about 236 000 Kcal/ha (compare table 6.IV). This makes about 0.6% of the value of the production of the beech forest in above-ground parts in the investigated area (compare chapter 5).

Translated into English by J. Lutosławska.