

APOLONIA OSTROWSKA

## DYNAMIKA SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH W IGŁACH SOSNY ZWYCZAJNEJ *PINUS SILVESTRIS*

Zakład Gleboznawstwa i Nawożenia Instytutu Badawczego, Leśnictwa,  
Warszawa-Sękocin

W literaturze leśnej prace nad dynamiką zawartości składników pokarmowych w igłach sosny są nieliczne. Najczęściej dotyczą one wpływu wieku igieł na ich skład chemiczny oraz wpływu nawożenia na dynamikę składników wprowadzonych z nawozami [1, 2, 5, 6]. Ponieważ u nas coraz powszechniej stosowane jest nawożenie mineralne lasów, powstał problem prześledzenia tych zależności w naszych warunkach klimatycznych.

W niniejszej pracy zajęto się określeniem zmian w zawartości azotu, fosforu, wapnia i magnezu w igłach sosny w okresie wegetacyjnym oraz wpływu nawożenia azotowego na dynamikę azotu. Przedstawione badania wchodzą w skład szerszej zakrojonych doświadczeń nad wpływem wzrastających dawek siarczanu amonu na środowisko glebowe i drzewostany leśne. Doświadczenia te przeprowadzono w latach 1972-1974 w Nadleśnictwie Sława Śląska [4].

### MATERIAŁY I METODY

Powierzchnie doświadczalne założono w drzewostanie sosnowym drugiej klasy wieku w 1972 r. metodą losowych bloków kompletnych na łącznej powierzchni 216 ha. W schemacie doświadczenia stosowano warianty 2-hektarowe w 3 powtórzeniach, 6 dawek siarczanu amonu — 8, 16, 32, 64, 128, 256 kg N w przeliczeniu na hektar co roku i 4 terminy wysiewu — wiosna, lato, jesień i zima. Doświadczenie trwało od wiosny 1972 do przedwiośnia 1974 r. Nawozy rozsiewano z samolotu. Dokładną charakterystykę powierzchni doświadczalnej i opis stosowanych metod zawiera poprzednia praca [4].

Badania nad dynamiką azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu w igłach przeprowadzono w 1974 r. na kombinacji nie nawożonej. Natomiast wpływ nawożenia na zmiany w zawartości różnych form azotu w igłach badano w latach 1973 i 1974 na kombinacjach z wzrastającymi dawkami nawożenia azotowego. Próbkę igieł pobierano w okresach około miesięcznych: od stycznia do przełomu czerwca i lipca — igły ubiegłoroczne, a następnie do października — igły nowo wytworzone. W roku 1974 dodatkowo na kombinacjach nawożonych pobierano także igły ubiegłoroczne w czasie od lipca do października. Igły pobierano z 20–30 drzew każdego wariantu, wycinając pęd z trzeciego okółka południowej strony korony. W laboratorium oddzielano igły od pędów i mieszano je uzyskując średnią próbkę. Część świeżego materiału homogenizowano w 0,03 N kwasie octowym w stosunku: faza stała do roztworu jak 1 : 10, i odsączano. W homogenacie oznaczano azot amonowy i azotanowy mikrometodą Brennera nieco przez nas zmodyfikowaną [3]. Równolegle oznaczano suchą masę igieł. Druga część materiału suszono, mielono, a następnie 1 g spalano na mokro w kwasie siarkowym z dodatkiem wody utlenionej. W spalonym materiale oznaczono: azot — metodą Kjeldahla, fosfor — wanadynową, potas i wapń — fotometrycznie i magnez — metodą ASA. Wyniki przedstawiono w postaci średnich z 3 powtórzeń. Zawartość azotu mineralnego w igłach przedstawiono jako sumę azotu amonowego i azotanowego, ponieważ główną formą akumulowaną w igłach jest  $N-NH_4$ , a ilość  $N-NO_3$  jest nieznaczna.

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW I DYSKUSJA

Drzewo stan nie nawożony. Zmiany w zawartości składników pokarmowych w igłach sosny począwszy od początku wegetacji wiosną do maksymalnego zwolnienia przemian metabolicznych jesienią związane są przede wszystkim z przyrostem na wysokość i wytwarzaniem nowych igieł. W roku 1973 młode igły wykształciły się już w połowie czerwca, a w 1974 na przełomie czerwca i lipca. Zmiany fizjologiczne zachodzące w igłach starszych i młodszych determinują ich skład chemiczny. W igłach starszych od późnej jesieni do przedwiośnia poziom badanych składników pokarmowych nie ulegał większym zmianom. Począwszy od marca zaczynała wzrastać w tych igłach zawartość azotu i wapnia. Przyrost azotu do maja wynosił zaledwie 0,8 mg/g s.m. Natomiast w młodych, nowo wytworzonych igłach jego zawartość osiąga nawet 18 mg/g s.m. To wysokie stężenie azotu ulega rozcieńczeniu wraz ze wzrostem igieł i w jesieni wynosi około 14 mg/g s.m.

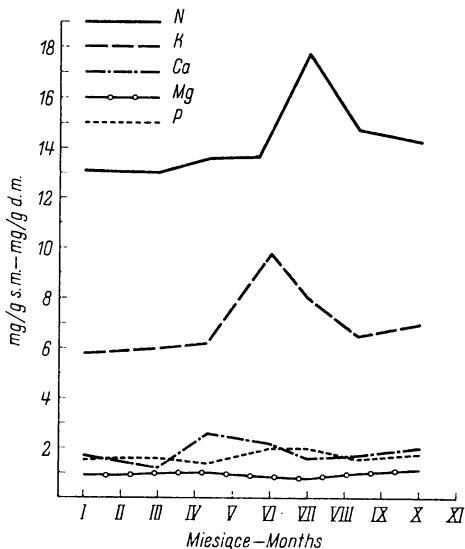
Obserwowany wiosną wzrost zawartości wapnia w starszych igłach z 1,3 do 2,6 mg/g s.m. związany jest prawdopodobnie z ich wiekiem, po-

nieważ igły nowo wytworzone zawierają około 1,5 mg Ca na 1 g s.m. i ilość ta do jesieni wzrasta do około 2 mg/g s.m.

Dynamika potasu w igłach w okresie wegetacji przedstawia się następująco: najwyższą jego zawartość (około 10 mg/g s.m.) stwierdzono w igłach starszych tuż przed wytwarzaniem się młodych igieł; w młodych igłach zawartość potasu wynosiła około 8 mg/g s.m. i do października obniżyła się tylko do około 7 mg/g s.m.

Zmiany w zawartości fosforu w igłach w okresie wegetacji nie są duże. Maksimum jego zawartości, to jest 2 mg/g s.m., stwierdzono, tak jak w przypadku potasu, w igłach starszych. W igłach młodych fosfor pozostaje jednak na tym samym poziomie obniżając się w okresie letnio-jesiennym do około 1,8 mg/g s.m.

Dynamika zawartości magnezu w igłach w okresie wegetacji jest nieznaczna (rys. 1).

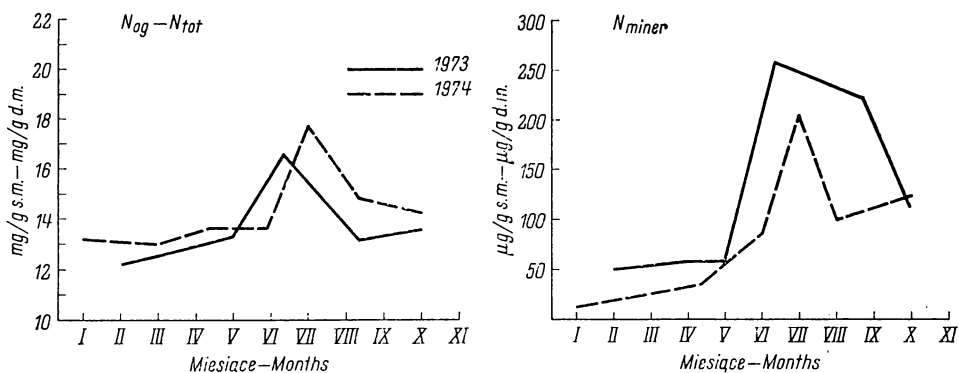


Rys. 1. Dynamika zawartości składników pokarmowych w igłach sosny w sezonie wegetacyjnym 1974 r. Drzewostan nie nawożony

Dynamics of nutrients in pine needles in the growing season of 1974. Non-fertilized stand

Wymagania pokarmowe sosny w stosunku do azotu są wyższe niż do innych składników pokarmowych. Zmiany jego zawartości w igłach w okresie wegetacji są także większe. Dotyczą one zawartości azotu ogółem, a szczególnie zawartości azotu mineralnego. W dwu kolejnych sezonach wegetacyjnych w drzewostanie nie nawożonym w młodych igłach zawartość azotu ogółem w stosunku do ilości stwierdzonych w igłach od początku okresu wegetacyjnego wzrosła o około 25-30%, a azotu mineralnego 4- do 5-krotnie. Wraz ze wzrostem młodych igieł stężenie obu badanych form azotu ulega rozcieńczeniu.

W okresie jesiennym zawartość N ogółem zbliża się do wartości uzyskanych wiosną (13–14 mg/g s.m.), a N mineralnego jest kilkakrotnie wyższa (około 125 mg/g s.m.). Dalsze obniżenie występuje dopiero w zimie, a szczególnie na przedwiośniu (rys. 2).

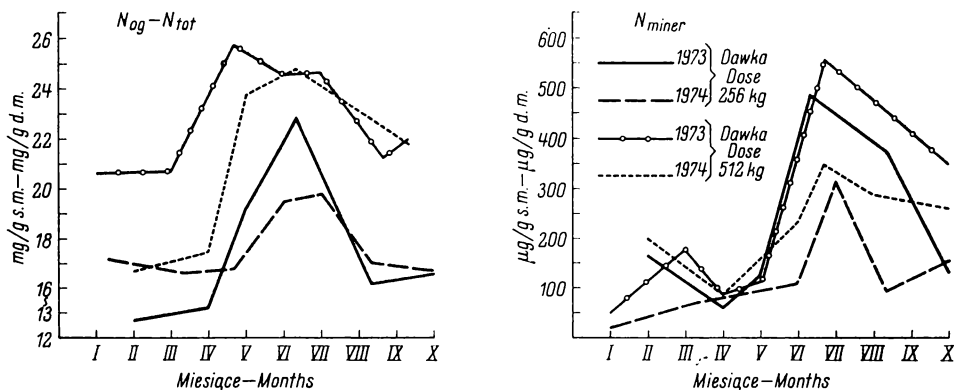


Rys. 2. Dynamika zawartości azotu w igłach sosny w sezonie wegetacyjnym w latach 1973 i 1974. Drzewostan nie nawożony

Nitrogen content dynamics in pine needles in the growing season of 1973 and 1974. Non-fertilized stand

Drzewostan nawożony. Nawożenie w ilości 256 kg N/ha wpłynęło na zwiększenie zawartości azotu w igłach w okresie wegetacji. Po pierwszym roku nawożenia wiosną 1973 r. ogólna zawartość N w igłach wzrosła z oko. 13 do 19 mg/g s.m., a w młodych nowo wytworzonych igłach do 23 mg/g s.m. Jednocześnie wystąpiło około 2-tygodniowe opóźnienie w wykształceniu młodych igieł w stosunku do kombinacji nie nawożonej. W okresie od lipca do października ogólna zawartość N w igłach obniża się o około 30%. W następnym 1974 r. wiosną stwierdzono około 17 mg N/g s.m. igieł, która to ilość wzrastała w igłach starszych do momentu wykształcenia młodych igieł do 19,5 mg/g s.m. pozostając w młodych igłach na tym samym poziomie. Obniżenie zawartości azotu w okresie letnio-jesiennym 1974 r. wyniosło zaledwie około 15%.

W 1973 r. wiosną zawartość N mineralnego w młodych nowo wytworzonych igłach (około 500 µg/g s.m.) była około 3–4-krotnie wyższa niż w okresie wiosennym w igłach starszych i około 3-krotnie wyższa niż w młodych igłach na kombinacji nie nawożonej. W okresie letnio-jesiennym ilość N mineralnego obniżała się do około 150 µg/g s.m., a w okresie zimowym prawie do wartości śladowych, podobnie jak na kombinacji nie nawożonej. W 1974 r. wiosną po zakończeniu nawożenia stwierdzono w młodych igłach około 100 µg/g s.m., a w lecie około 300 µg/g s.m. Spadek zawartości N mineralnego wraz ze wzrostem igieł od lipca do października wynosił około 50% (rys. 3).



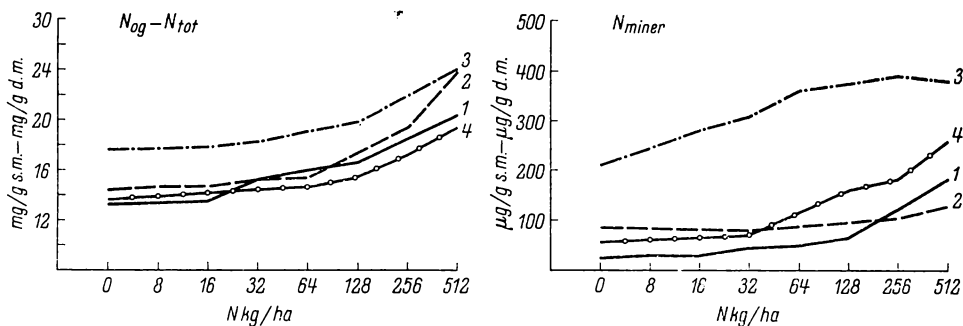
Rys. 3. Dynamika zawartości azotu w igłach sosny w sezonie wegetacyjnym w latach 1973 i 1974. Drzewostan nawożony dawką 256 i 512 kg N/ha

Nitrogen content dynamics in pine needles in the growing season of 1973 and 1974. Stand fertilized with the rate of 256 kg and 512 kg N per hectare

Zastosowanie 512 kg N/ha spowodowało wysoką akumulację azotu w igłach sosny. Wiosną 1973 r. stwierdzono 20,5 mg  $N_{og}$ /g s.m. igieł. Ilość ta wzrosła od marca do połowy maja prawie do 26 mg/g s.m. Przy tak dużym zaopatrzeniu sosny w azot jego zawartość w nowo wytworzonych igłach już nie wzrastała, a nawet zmalała do 24,5 mg/g s.m. Także obniżenie letnio-jesienne wynosi zaledwie 2,5 mg/g s.m., ale w następnym, 1974 r. wczesną wiosną stwierdzono około 17 mg/g s.m., co wskazuje, że w okresie jesienno-zimowym wystąpiło dalsze obniżenie zawartości azotu w igłach. W 1974 r. zmiany w zawartości N ogółem od wiosny do jesieni w granicach 17–24–22 mg/g s.m. układają się podobnie jak w roku poprzednim, choć nieco na niższym poziomie.

Nawożenie wysoką dawką azotu nie zmieniło poziomu zawartości N mineralnego w igłach w okresie wczesnowiosennym, ale spowodowało gwałtowny wzrost tej formy azotu aż do około 550 µg/g s.m. w młodych igłach. Wraz ze wzrostem igieł ilość ta malała, pozostała jednak wysoka i jesienią wynosiła około 350 µg/g s.m., następnie w okresie zimy i przedwiośnia obniżyła się do około 100 µg/g. W następnym roku 1974 wskutek następczego działania nawożenia zmiany w zawartości N mineralnego w igłach były mniejsze i wahały się w młodych igłach od 100 µg/g w okresie wiosennym do 350 µg i 250 µg jesienią (rys. 3).

Wpływ nawożenia azotowego na dynamikę azotu w igłach sosny odznacza się wzrostem ogólnej zawartości azotu oraz formy mineralnej wraz ze wzrostem dawki nawożenia. Szczególnie duże różnice stwierdzono w młodych igłach na przełomie czerwca i lipca. Przy wysokich dawkach nawożenia także w igłach starszych, ubiegłorocznych zawartość obu badanych rodzajów azotu była wysoka (rys. 4).



Rys. 4. Akumulacja azotu w igłach w sezonie weglacyjnym 1974 r. w zależności od dawki nawożenia

1 — marzec, 2 — lipiec, igły stare, 3 — lipiec, igły młode, 4 — październik

Nitrogen accumulation in needles in the growing season of 1974 depending on the fertilizer rate

1 — March, 2 — July, older needles, 3 — July, young needles, 4 — October

Stosunek zawartości  $N_{og}/N_{miner}$  w igłach zmienia się w okresie weglacyjnym zależnie od pory roku oraz od dawki nawożenia. Ogólnie stosunek ten maleje wraz ze wzrostem dawki nawożenia we wszystkich badanych okresach, z wyjątkiem młodych nowo wytworzonych igieł. W młodych igłach zawartość  $N_{og}$  i  $N_{miner}$  wzrasta równomiernie wraz z dawką nawożenia, a tym samym stosunek obu form azotu do siebie pozostaje prawie na tym samym poziomie. W igłach starszych różnice w okresie wiosennym i jesiennym w stosunku  $N_{og}/N_{miner}$  w zależności od dawki nawożenia wahają się w granicach 50–100%, a w okresie zimowym nawet około 3-krotnie. Natomiast różnice między okresem zimowym i letnim na kombinacji bez nawożenia są około 10-krotne, a na najwyższej dawce nawożenia około 5-krotne (rys. 5). Wielkość stosunku  $N_{og}/N_{miner}$  determinują więc przede wszystkim wiek i stan fizjologiczny igieł.

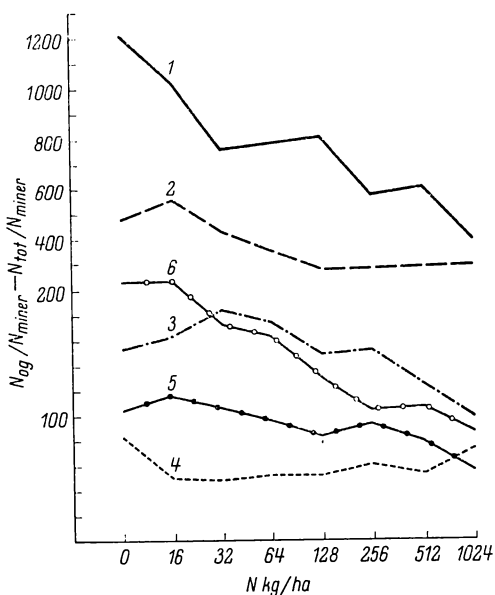
Uzyskane wyniki na ogół potwierdzają rezultaty badań innych autorów co do dynamiki składników pokarmowych w igłach sosny [1, 5, 6] oraz wpływu nawożenia na tę dynamikę [2]. Natomiast w literaturze nie spotkano się z oznaczeniem stosunku  $N_{og}/N_{miner}$  w igłach sosny, który może charakteryzować stopień wykorzystania azotu przez sosnę.

Uzyskane wyniki badań można uogólnić w następujących wnioskach.

1. Zmiany w zawartości azotu w igłach sosny w okresie weglacyjnym zależą przede wszystkim od ich wieku. Najwyższą ogólną zawartość azotu i azotu mineralnego stwierdzono w młodych nowo wytworzonych igłach.

2. Nawożenie drzewostanu azotem podnosi zawartość azotu ogółem oraz azotu mineralnego w igłach sosny wraz ze wzrostem dawki.

3. Śladowe zawartości wczesną wiosną azotu mineralnego w igłach



Rys. 5. Stosunek zawartości azotu ogółem do azotu mineralnego w sezonie wegetacyjnym 1974 w zależności od dawki nawożenia

1 — styczeń, 2 — kwiecień-maj, 3 — czerwiec, 4 — lipiec, igły młode, 5 — październik, 0,5-roczone igły, 6 — październik, 1,5-roczone igły

Total nitrogen-mineral nitrogen ratio in the growing season of 1974 depending on the fertilizer rate

1 — Januar, 2 — April-May, 3 — June, young needles, 5 — October, half-year old needles, 6 — October, one-and-half-year old needles

wskazują na jego wykorzystanie w procesach metabolicznych rozpoczynających się wcześniej niż pobieranie azotu z gleby.

4. Stosunek  $N_{og}/N_{miner}$  w igłach jest najwyższy w okresie zimowym. Na ogół zmniejsza się on wraz z dawką nawożenia i jest najniższy w nowo wytworzonych młodych igłach.

5. Zmiany w okresie wegetacji w zawartości fosforu, wapnia, magnezu i potasu są mniejsze niż azotu. Zawartość potasu osiąga maksimum w igłach starszych tuż przed wytwarzaniem się młodych igieł. Zawartość fosforu osiąga maksimum w młodych igłach, a zawartość wapnia wzrasta wraz z wiekiem igieł. W zawartości magnezu nie stwierdzono większych zmian.

#### LITERATURA

- [1] Christersson L.: Seasonal ionic fluctuations and annual growth rates in stands of *Pinus silvestris* and *Picea abies*. Plant and Soil 41, 1974, 343-350.
- [2] Driessche R., Webber J. E.: Variation in total and soluble nitrogen concentration in response to fertilization of Douglas fir. For. Sci. 23, 2, 1977. 134-142.

- [3] Instrukcja laboratoryjna dla pracowni gleboznawczo-nawożeniowych, IBL 1973.  
 [4] Ostrowska A., Kowalkowski A., Szczepny P.: Badania nad wpływem siarczanu amonu na środowisko boru sosnowego. Prace IBL (w druku).  
 [5] Tamm O.: Seasonal variation in nutrient content of conifer needles. Medd. Stat. Skogs. Forsk. B.45.II, 5, 1965, 5-34.  
 [6] Wehrmann J.: Methodische Untersuchungen zur Durchführung von Nadelanalysen in Kiefernbeständen. Forstwiss. Cbl. 78, 1959, 65-128.

A. ОСТРОВСКА

ДИНАМИКА ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ХВОЕ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ  
*PINUS SILVESTRIS L.*

Отделение почвения и удобрения, Исследовательский институт лесоводства,  
 Варшава — Сенкоцин

Резюме

Проводились исследования по динамике питательных веществ в хвое сосны обыкновенной в древостое второго возрастного класса, в двух вегетационных периодах. Изучалось также влияние внесения сульфата аммония на динамику общего азота и минерального азота. Образцы хвои для анализа отбирали в период вегетации в интервалах около 1 месяца два года подряд в 1973 и 1974.

Полученные результаты показали, что различия в содержании питательных веществ в иглах сосны во время вегетационного периода относятся преимущественно к содержанию азота, а затем калия. Содержание азота достигает максимума в молодых свежееобразованных иглах, а содержание калия в иглах старшего возраста незадолго до образования молодой хвои. Удобрение способствует повышению изменения содержания общего и минерального азота в период вегетации. Содержание названных форм азота в иглах повышается с повышением дозы удобрения. Разницы в содержании минерального азота весной, осенью и зимой обычно выше, чем в содержании общего азота. Соотношение N общ: N минер. более высоко зимой (1200), а самое низкое (100) летом в свежееобразованных иглах. Удобрение уменьшает величину соотношения N общ: N минер. во всех исследованных сроках за исключением летнего периода, когда в свежееобразованных иглах не установлено влияния удобрения.

A. OSTROWSKA

DYNAMICS OF NUTRIENTS ON SCOTS PINE  
*(PINUS SILVESTRIS L.)* NEEDLES

Department of Soil Science and Fertilization,  
 Forestry Research Institute, Warsaw-Sękokin

Summary

Investigation on dynamics of nutrients in scots pine needles in the pine stand of the II<sup>nd</sup> age class were carried out in two growing seasons. Also the effect of fertilization with ammonium sulphate on the dynamics of total and



mineral nitrogen was investigated. Needle samples for analyses were taken in the growing season at about 1-month intervals during the subsequent years of 1973 and 1974.

The results obtained have proved that differences in the content of nutrients in pine needles in the growing season concerns, first of all, nitrogen and then potassium. The nitrogen content reaches the maximum in young, newly-formed needles, whereas the potassium content is the highest in older needles close before the formation of young needles. Fertilization results in an increase of changes in the content of total and mineral nitrogen in the growing season. The content of the investigated nitrogen forms in needles increases along with an increase of the fertilization rate. Differences in the mineral nitrogen content between spring, summer and autumn are higher than in the total nitrogen content. The  $N_{\text{tot}}:N_{\text{min}}$  ratio is higher in winter (1200) and the lowest in summer (100) in newly-formed needles. Fertilization results in a decrease of the  $N_{\text{tot}}:N_{\text{min}}$  ratio at all dates investigated, except for the summer period, where in newly-formed young needles no fertilization effect was observed.

*Dr Apolonia Ostrowska*  
*Zakład Gleboznawstwa*  
*i Nawożenia IBL w Sękocinie*  
*05-550 Raszyn*

