

Maria GOZDALIK, Andrzej ZAŁĘSKI, Władysław KANTOROWICZ

Instytut Badawczy Leśnictwa,
Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych,
Sękocin, 05-090 Raszyn

ŻYWOTNOŚĆ PYŁKU I NASION SOSNY ZWYCZAJNEJ Z RÓŻNYCH STREF ZAGROŻENIA PRZEZ EMISJE PRZEMYSŁOWE

VITALITY OF POLLEN AND SEEDS OF SCOTCH PINE FROM DIFFERENT
ZONES OF INDUSTRIAL POLLUTION

Abstract. *On 4 experimental plots, chosen in the regions with different concentration of industrial emissions, the vitality of pollen, seed yield and vitality of Scotch pine, were evaluated in the years 1998-93.*

Key words: *Scotch pine, yielding crop, pollen, cones, seeds.*

1. WSTĘP

Nadmierne obniżenie jakości nasion sosny zebranych zimą 1986/87 zwróciło uwagę leśników na to, jak duży może być wpływ niekorzystnych czynników środowiska na ekonomiczny wynik procesu pozyskania nasion. Najślabszą żywotnością charakteryzowały się wówczas nasiona pozyskiwane w RDLP Katowice i w południowej części RDLP Łódź, a więc w regionach uznanych za skażone w dość dużym stopniu przez emisje przemysłowe. W RDLP Katowice pozyskano aż 1150 kg, a w RDLP Łódź – 210 kg nasion o jakości poniżej III klasy, mało wartościowych bezpośrednio po wyłuszczeniu (ZAŁĘSKI, KOWALSKA 1988). Nawet te nasiona sosny z sezonu 1986/87, które miały zadowalającą zdolność kiełkowania po pozyskaniu (np. w RDLP Białystok), w trakcie dość krótkiego przechowywania prawie całkowicie utraciły swoją żywotność (ZAŁĘSKI, KANTOROWICZ 1995). Biorąc pod uwagę wysokie koszty pozyskania nasion (zbioru szyszek, konserwacji i luszczania szyszek, oczyszczenia i składowania nasion) można uznać, że Lasy Państwowe poniosły duże straty gospodarcze w wyniku zbioru niepełnowartościowego surowca.

Uniknięcie podobnych strat w przyszłości będzie możliwe wtedy, gdy zostanie opracowany i wdrożony odpowiedni system wczesnego testowania nasion najważniejszych gatunków drzew z różnych regionów Polski jeszcze przed ich zbiorem. Do opracowania takiego systemu niezbędne jest ustalenie wpływu emisji przemysłowych i niekorzystnych warunków atmosferycznych na jakość obradzania drzew w Polsce oraz częstotliwości występowania niekorzystnych czynników wpływających istotnie na obniżenie jakości nasion. Badania takie podjęto w Zakładzie Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych Instytutu Badawczego Leśnictwa w 1988 r., a niniejsze opracowanie, wykonane w ramach tematu nr BLP-564 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych, jest podsumowaniem ich wstępnego etapu w odniesieniu do sosny.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Wpływem emisji przemysłowych na procesy reprodukcyjne zaczęto zajmować się od czasu, kiedy zauważono, że w drzewostanach znajdujących się w strefach oddziaływania przemysłu zmniejszył się urodzaj nasion.

Już na początku lat siedemdziesiątych stwierdzono, że emisje przemysłowe oddziałują ujemnie na organy reprodukcyjne drzew we wszystkich stadiach procesu ich formowania (MAMAJEV, ŠKARLET 1972). Badacze amerykańscy sugerują, iż emisje o małym stężeniu mogą szkodliwie działać na bardzo delikatne tkanki organów reprodukcyjnych już wtedy, gdy nie ma jeszcze widocznych uszkodzeń igieł czy liści drzew (HOUSTON, DOCHINGER 1977).

Pyły i gazy przemysłowe powodują u drzew iglastych uszkodzenie elementów rozrodczych łusek nasiennych niechronionych przed imisjami (RICHTAR 1967, LÖFFLER 1988). Drobinę pyłu z powietrza docierają do okienka wraz z ziarnami pyłku i często powodują nawet zatkanie mikropyl, uniemożliwiając rozwój łagiewki pyłkowej, a tym samym zapłodnienie (POSPISIL, RICHTAR 1970a).

U drzew liściastych szkodliwe gazy, zwłaszcza SO_2 i pyły przemysłowe, powodują kurczenie się delikatnych tkanek pręcików, a szczególnie pylników i uszkodzenie ziarn pyłku. Uszkodzeniu ulega często również tkanka słupków, a zwłaszcza kleiste znamiona przyjmujące pyłek (RICHTAR 1967). Im więcej jest w drzewostanie imisji, tym mniej pyłku dociera do żeńskich organów (POSPISIL, ALFERI 1987a).

Obserwacje przebiegu mikrosporogenezy wykazują, że u drzew z obszaru oddziaływania emisji 20-80% ziarn pyłku rozwija się nienormalnie (POSPISIL, RICHTAR 1970b). Wiele ziarn jest zdeformowanych a liczba tych deformacji jest tym większa, im silniejsze jest oddziaływanie emisji na drzewostan (ŠKARLET 1972; POSPISIL, ALFERI 1987b).

Wiele uwagi poświęcono badaniom z zakresu jakości pyłku z terenów przemysłowych. Badano pyłek pozyskiwany zarówno z drzew znajdujących się w zasięgu oddziaływania przemysłu (ŠKARLET 1972; OSTROLUCKA i in. 1985; POSPISIL, ALFERI 1987a), jak i w warunkach kontrolowanych, traktowany SO_2 lub O_3 w laboratorium (BEDA 1982; BENOIT i in. 1983; SCHOLZ i in. 1985; VENNE, SCHOLZ 1988).

U drzew uszkodzonych przez emisje zdolność i energia kiełkowania ziarn pyłku są tym gorsze, im silniejsze jest oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza, zaznacza się to zwłaszcza w latach z niekorzystnymi warunkami atmosferycznymi w okresie kwitnienia (ŠKARLET 1972).

W doświadczeniach laboratoryjnych stwierdzono, że SO_2 i O_3 powodują zmniejszenie zdolności kiełkowania pyłku oraz nienormalny rozwój łagiewki pyłkowej. Ziarna pyłku o mniejszej zdolności kiełkowania wykształcają krótsze łagiewki, co dodatkowo zmniejsza możliwość efektywnego zapłodnienia (VENNE, SCHOLZ 1988). Zmniejszenie zdolności kiełkowania pyłku sosny wejmutki pod wpływem ozonu stwierdzili również inni autorzy (BENOIT i in. 1983). Istnieją przypuszczenia, że pod wpływem ozonu w zewnętrznej strefie ziarn pyłku pozostają jedynie rybosomy, a inne organelle odsuwają się głębiej, co prawdopodobnie utrudnia kiełkowanie pyłku (HARRISON, FEDER 1974).

W badaniach nad wpływem ołowiu na kiełkowanie pyłku i rozwój łagiewek pobierano pyłek sosny czarnej z drzew rosnących w arboretum oraz w pobliżu huty, gdzie zawartość ołowiu w glebie wynosiła ok. 5000 ppm. Następnie pyłek ten kiełkowano na pożywce z domieszką PbCl_2 i na pożywce kontrolnej, pozbawionej PbCl_2 . Stwierdzono, że ołów w pożywce bardzo silnie hamował kiełkowanie i rozwój łagiewek pyłku drzew z arboretum, natomiast znacznie mniej wpływał na kiełkowanie i rozwój pyłku drzew z sąsiedztwa huty. Fakt ten

tłumaczy się większym stopniem adaptacji drzew do zanieczyszczeń ołowiem (OSTROLUCKA i in. 1985). Podobne wyniki otrzymano w badaniach nad reakcją pyłku sosny czarnej i dębu na ołów w pożywce, gdy drzewa, z których pobierano pyłek, rosły na glebie o zawartości ołowiu 50 mg (kontrola), 500 mg (przy szosie) i 5000 mg/kg (ZELENAKOVA, HOLUB 1988).

W badaniach nad wpływem metali w wodzie opadowej na kiełkowanie pyłku i rozwój łagiewek stwierdzono, iż wrażliwość pyłku zależy od gatunku drzewa i położenia kwiatostanu w koronie drzewa. Badano kiełkowanie pyłku i rozwój łagiewek pyłkowych, traktując materiał wodą deszczową o pH w zakresie 2,6-5,6, zawierającą Cu w ilości 0-0,4 mg/l. Stwierdzono synergizm wpływu pH i Cu na kiełkowanie pyłku klonu cukrowego, osiki amerykańskiej i *Betula alleghaniensis* oraz antagonizm między pH i Cu dla pyłku choiny kanadyjskiej, sosny Banksa i brzozy papierowej. Kwaśne opady z zawartością Cu nie wywierały żadnego wpływu, bądź lekko stymulowały kiełkowanie pyłku. Domieszka Zn z pyłów w wodzie deszczowej nie wpływała lub wpływała nieznacznie na rozwój ziarn pyłku wejmutki i sosny smołowej, ale przy pH 3,6-5,6 wyraźnie hamowała wydłużanie się łagiewek pyłkowych (COX 1988).

Powszechnie panujący pogląd, iż negatywne oddziaływanie zanieczyszczeń przemysłowych na kwiatostany pociąga za sobą zmniejszenie ilości nasion wytwarzanych przez drzewa oraz obniżanie się ich jakości nie zawsze znajduje potwierdzenie w wynikach badań. Badania szyszek i nasion sosny pospolitej zbieranych w drzewostanach sosnowych w wieku 55-65 lat w różnej odległości od źródeł zadymienia wykazały, że wraz ze wzrostem odległości od źródła dymów, zwiększa się długość, szerokość i ciężar szyszek oraz liczba i ciężar nasion, natomiast obniża się zdolność i energia kiełkowania (PODZOROV 1965). W badaniach nasion drzew i krzewów liściastych, rosnących w pobliżu zakładów chemicznych, emitujących do atmosfery m.in. metan, etylen, aceton i kwas octowy, nie stwierdzono obniżonej zdolności kiełkowania zarówno laboratoryjnej, jak i gruntowej (ANTIPOV 1957).

Badania nasion sosny zwyczajnej z drzew rosnących w odległości 500, 750, 1250, 2500 i 5000 m od źródła emisji SO₂, gdy przeciętna tygodniowa dawka tego gazu wynosiła odpowiednio 4,61; 1,51; 1,25 i 0,86 mg, wykazały, że obradzanie sosny zwiększa się w miarę zmniejszania się zawartości SO₂ w powietrzu. W pobliżu źródła emisji obradzały głównie drzewa górujące i współpanujące. Stwierdzono statystycznie istotny negatywny wpływ SO₂ na długość szyszek, wydajność nasion i ciężar 1000 nasion, natomiast zdolność i energia kiełkowania nasion ze wszystkich odległości były zbliżone i wyższe od 90% (MRKVA 1969).

Wieloaspektowe badania nad wpływem zanieczyszczeń przemysłowych powietrza na obradzanie nasion u sosny prowadzili MAMAJEV i ŠKARLET (1972). Wyniki ich badań sugerują, że w drzewostanach będących pod wpływem emisji obradza znacznie mniej drzew, szyszki są mniejsze i znacznie lżejsze, mniejsza jest liczba nasion w 1 szyszce i ciężar tych nasion. Zmniejszenie liczby nasion

tłumaczą autorzy nie tyle niedostatecznym zapyłaniem, co mniej licznym wytwarzaniem się komórek jajowych w następstwie oddziaływania imisji na kwiatostany żeńskie. Stwierdzają również, że nasiona takie gorzej kiełkują, przy czym kiełkowanie ich jest tym słabsze, im trudniejsze są warunki do kiełkowania. W konkluzji swoich badań cytowani autorzy stwierdzili, że zwiększona zawartość SO_2 w atmosferze powoduje znaczące osłabienie drzewostanów sosny i reprodukcyjnej zdolności drzew, co wyraża się pogorszeniem jakości pyłku i nasion.

Do podobnych wniosków doszli również inni badacze prowadząc obserwacje w drzewostanach świerkowych. PELZ (1963) stwierdził m in., że w drzewostanach świerkowych będących pod wpływem emisji obradzanie jest słabsze, szyszki są mniejsze, mniejszy jest również ciężar nasion i ich wydajność oraz słabsze kiełkowanie. W badaniach JURASKA i in. (1982), stwierdzono zróżnicowanie badanych cech szyszek i nasion świerka z gór Orlickich, w zależności od stopnia uszkodzenia drzewostanów. Wraz ze wzrostem stopnia uszkodzenia drzewostanów malała długość i szerokość szyszek, liczba nasion pełnych w 1 szyszce, rosła natomiast liczba nasion pustych, znacznie malał ciężar 1000 nasion oraz energia i zdolność kiełkowania. Podobny pogląd prezentują badacze amerykańscy (HOUSTON, DOCHINGER 1977), którzy badali szyszki i nasiona amerykańskich sosen z drzewostanów będących pod wpływem dwutlenku siarki o różnej koncentracji. Stwierdzili oni istotne statystycznie różnice w liczbie nasion z 1 szyszki i w ciężarze 1000 nasion u *Pinus monticola* (większa liczba nasion i cięższe nasiona z drzewostanów o mniejszej koncentracji SO_2) oraz statystycznie istotne różnice w długości szyszek, ciężarze 1000 nasion, w procentowym udziale nasion pełnych i zdolności kiełkowania u *Pinus resinosa* (dłuższe szyszki, cięższe nasiona, wyższy udział nasion pełnych i wyższa zdolność kiełkowania nasion z drzewostanów o mniejszej koncentracji SO_2).

Polskie badania nad zawartością niektórych metali w nasionach sosny, zbieranych w sąsiedztwie huty Katowice, elektrowni Jaworzno i w Puszczy Białowieskiej wykazały, że w nasionach z drzewostanów rosnących w pobliżu huty i elektrowni było odpowiednio 6- lub 5-krotnie więcej cynku, 2,5- i 1,5-krotnie więcej ołowiu, 5- i 2-krotnie więcej kadmu niż w nasionach z Białowieży. Szczegółowe analizy wykazały, że ołów gromadził się przede wszystkim w łupinach nasiennych, cynk – w samych nasionach, kadm – w nasionach i łupinach, a miedź i żelazo – przede wszystkim w łupinach nasiennych, ale również i w nasionach. Najwyższą zdolność kiełkowania stwierdzono u nasion z Białowieży – 95,1%, najniższą zaś – 83,5 i 83,3% – z okolic Jaworzna i huty Katowice (PALOWSKI 1987).

Wpływ pyłów hutnictwa metali nieżelaznych na kiełkowanie kilku gatunków sosny, świerka i dębu badali GRESZTA i in. (1979), którzy kiełkowali nasiona w wodnych wyciągach z pyłów miedzi, kadmu i cynku. Próby wykazały, że wyciągi miedziowe wywarły stymulujący wpływ na kiełkowanie nasion sosny zwyczajnej, u których energia i zdolność kiełkowania były większe, a średni czas

kiełkowania krótszy niż u nasion traktowanych czystą wodą. Wyciągi z pyłów kadmu i cynku działały na kiełkowanie niekorzystnie – zdolność kiełkowania nasion moczonych tylko w wodzie wynosiła 69%, w wyciągu miedziowym 78%, w cynkowym 5%, a w kadmowym – 2%. Z badanych gatunków najbardziej wrażliwe na działanie wyciągów były nasiona świerka, następnie sosny smołowej, zwyczajnej i czarnej, najmniej wrażliwe natomiast były nasiona dębu.

ZALĘSKI i KOWALSKA 1988 badali rentgenowską metodą kontrastu wodnego nieskiełkowane nasiona sosny ze zbioru 1986/87 z terenów RDLP Katowice i Toruń, u których wcześniej stwierdzono zdolność kiełkowania poniżej normy. Wyniki ich badań wykazały, że nasiona te były w 99% (Katowice) i w 100% (Toruń) martwe, chociaż pod względem budowy anatomicznej w pełni wykształcone. Ponieważ zjawisko to wystąpiło tak wyraźnie w regionach silnie uprzemysłowionych, przypuszczano iż może to być skutek negatywnego oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych.

Przedstawione powyżej wyniki badań ukształtowały pogląd, że zanieczyszczenia przemysłowe są jedną z ważniejszych przyczyn zjawiska stałego pogarszania się stanu zdrowotnego lasów, co pociąga za sobą osłabianie możliwości reprodukcyjnych drzew.

Obecnie przyjmuje się pogląd, iż na stan lasów ma wpływ zespół czynników abiotycznych (klimatycznych i glebowych), biotycznych (patogeny i szkodniki roślin) oraz wewnętrzne czynniki odporności roślin. Zanieczyszczenia powietrza uznaje się za dodatkowy czynnik abiotyczny, który wpływa m.in. na to, w jaki sposób rośliny odpowiadają na stresy pochodzenia naturalnego (FREER-SMITH, BENHAM, 1993; LUCAS 1993). Poglądy te wydają się być słuszne, a ich potwierdzeniem mogą być wyniki badań zanieczyszczeń powietrza i stanu zdrowotnego lasów prowadzonych od kilku lat na terenach leśnych Polski przez Instytut Badawczy Leśnictwa. Wskazują one na stale powiększający się stopień uszkodzenia lasów (MAŁACHOWSKA, WAWRZONIAK 1994), pomimo obserwowanego od drugiej połowy lat osiemdziesiątych wyraźnego spadku poziomu zanieczyszczeń gazowych i pyłowych w powietrzu (CHWOJKA i in. 1994). Tym niemniej uszkodzenia drzew będące wynikiem bezpośredniego oddziaływania SO_2 i innych zanieczyszczeń gazowych mogą mieć miejsce w skali lokalnej w pobliżu źródeł emisji, względnie regionalnej (FREER-SMITH, BENHAM 1993; INNES 1993).

Bezpośredni lub pośredni negatywny wpływ emisji przemysłowych na procesy reprodukcyjne u drzew nie ogranicza się tylko do pogorszenia jakości, a nawet zabijania nasion. Istotnym jego następstwem może być eliminowanie liczby biotypów z populacji lub całych populacji, będących w zasięgu oddziaływania emisji. Eliminowanie przez emisje biotypów bardziej wrażliwych (biotypów całkowicie niewrażliwych nie ma) powoduje, że genetyczny zestaw populacji ulega zubożeniu. To zawężenie genetycznej zmienności populacji i gańków coraz bardziej zmniejsza ich zdolność dostosowania się do naturalnych

czynników stresowych występujących stale w przyrodzie (np. suszy czy mrozu). Jest to szczególnie ważne u drzew, które są organizmami długowiecznymi.

3. CEL I ZAKRES BADAŃ

Celem badań było określenie jakości nasion i zdolności kiełkowania pyłku sosny, będącej pod wpływem oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych o różnej intensywności. W badaniach uwzględniono wybrane ilościowe i jakościowe aspekty obradzania sosny: żywotność pyłku, wielkość szyszek, efektywność zapylenia wyrażająca się udziałem nasion pełnych, wielkość nasion i żywotność nasion.

Zbadanie, w jakim stopniu niekorzystne czynniki środowiska mogą wywierać negatywny wpływ na jakość obradzania drzew w skali gospodarczej, posłuży opracowaniu racjonalnych systemów testowania nasion przed zbiorem, co będzie pomocne w podejmowaniu decyzji o celowości zbioru nasion i ich przeznaczeniu.

Badania nad wybranymi aspektami obradzania sosny prowadzono przez 7 lat od 1988 do 1994 r.

W doświadczeniu wykorzystano 3 rodzaje materiału badawczego:

– próbki świeżo wyłuszczonego nasion przysyłanych przez wyłuszczenie do pierwszej oceny po pozyskaniu,

– próbki szyszek zbierane i przesyłane w latach 1990-1992 do IBL przez wyznaczone nadleśnictwa,

– próbki pyłku i szyszek zbierane przez Zakład Genetyki i Fizjologii Drzew Leśnych na wyznaczonych powierzchniach próbnych.

Próbki pyłku i szyszek dla sosny pozyskiwano na stałych powierzchniach, wyznaczonych w nadleśnictwach: Świerklaniec, Garwolin, Chojnów i Jedwabno, a dla świerka w nadleśnictwach: Świerklaniec, Wisła, Ustroń i Jedwabno.

Niniejsze opracowanie omawia szczegółowo tylko fragment badań prowadzonych na powierzchniach próbnych IBL wyznaczonych dla sosny. Wyniki pozostałych badań prowadzonych kompleksowo dla sosny i świerka, w ramach tego tematu, zaprezentowano dokładnie w sprawozdaniu końcowym (GOZDALIK, ZAŁĘSKI 1995) oraz w innych publikacjach cząstkowych (ZAŁĘSKI, 1990, 1991; ZAŁĘSKI, BORKOWSKA 1993; ZAŁĘSKI, GOZDALIK 1994; GOZDALIK 1995).

4. METODYKA BADAŃ

4.1. Lokalizacja i charakterystyka obiektów doświadczalnych

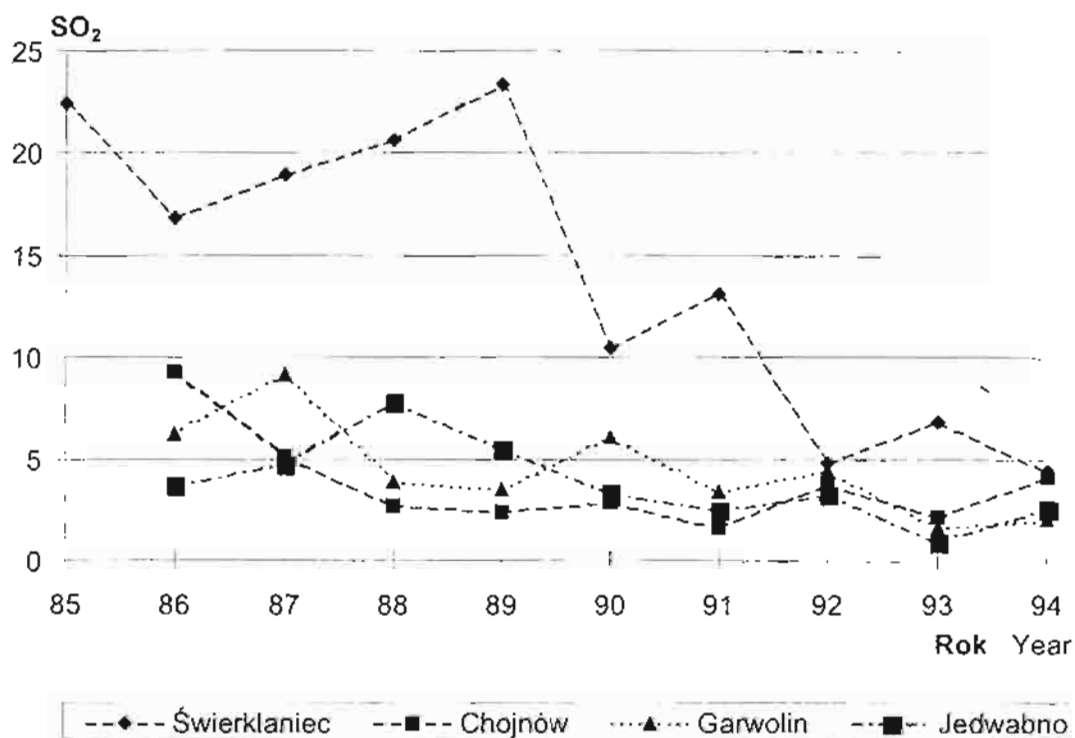
Powierzchnie, z których pobierano materiał roślinny do badań wyznaczone zostały w nadleśnictwach o różnym stopniu zagrożenia przez emisje przemysłowe. W strefie o najwyższym stopniu zagrożenia (I) zlokalizowano powierzchnię w Nadleśnictwie Świerklaniec (leśn. Repecko), położoną ok. 2 km na północny zachód od Czarnej Huty w Tarnowskich Górach. Powierzchnia w Nadleśnictwie Garwolin (leśn. Malamówka) położona była w odległości ok. 6 km na zachód od elektrociepłowni Kozienice w Świerżach Górnych, w II strefie oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych. W strefie oddziaływania zanieczyszczeń z terenu Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego zlokalizowano powierzchnie w nadleśnictwach Wisła i Ustroń. Za strefy o stosunkowo niskim oddziaływaniu zanieczyszczeń przemysłowych przyjęto Nadleśnictwo Chojnów (leśn. Sękocin) oraz Nadleśnictwo Jedwabno, położone na obszarze RDLP Olsztyn, która uchodzi za jeden z regionów mało zagrożonych przez emisje przemysłowe. Wskaźniki zanieczyszczeń na terenie nadleśnictw, z których pobierano materiał badawczy, przedstawiono na rycinach 1 i 2 (wg danych uzyskanych z Laboratorium Monitoringu Środowiska Leśnego IBL), natomiast warunki pogodowe (wskaźnik posuszości Sielianinowa) w okresie wegetacyjnym, obliczone na podstawie danych z Biuletynów Agrometeorologicznych z lat 1985-1994, prezentuje rycina 3.

Powierzchnie w nadleśnictwach: Świerklaniec, Garwolin i Chojnów wybrano na słabych siedliskach borowych (Bśw), natomiast powierzchnia w Nadl. Jedwabno zlokalizowana była na siedliskach żyźniejszych (BMśw/Bśw).

Na każdej powierzchni wyznaczono po kilkanaście drzew do zbierania pylników i szyszek. Materiał roślinny do badań pobierano na ogół z 6-8 drzew, w zależności od stopnia obradzania sosny i świerka w danym roku. Z powodu indywidualnej zmienności drzew i przerw w obradzaniu, powiązanych również z warunkami atmosferycznymi, na ogół nie było możliwości pozyskiwania pylników i szyszek co roku z tych samych drzew. Jedynie na powierzchni w Nadl. Świerklaniec, spośród wyznaczonych kilkunastu drzew, udało się przez kilka lat pozyskiwać materiał roślinny z tych samych 4 drzew.

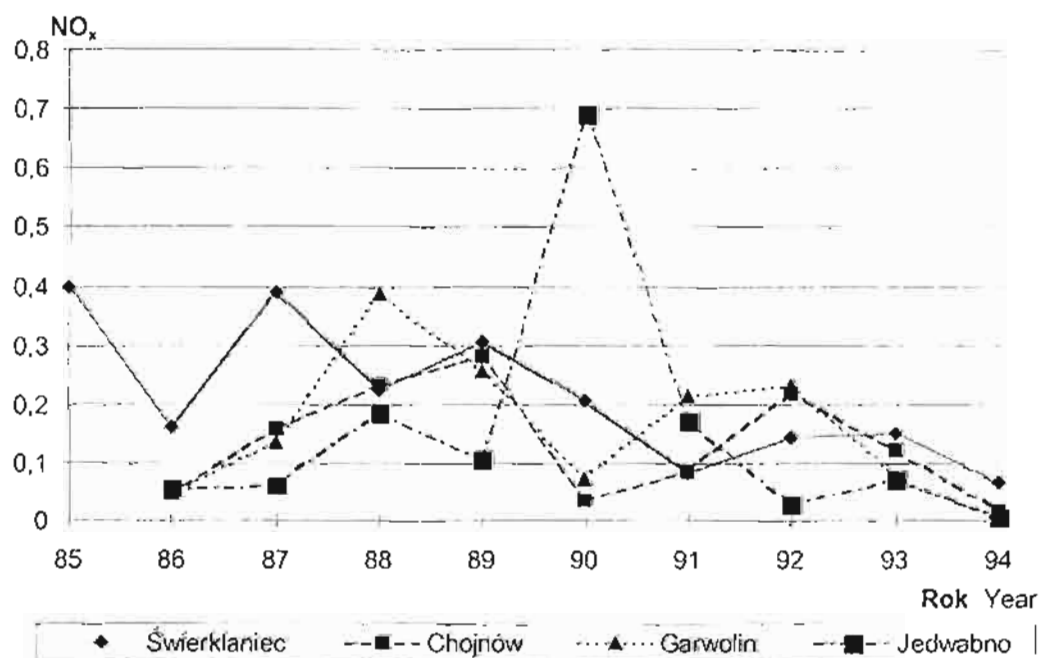
4.2. Badanie żywotności pyłku

Pylniki do badań pozyskiwano z 8 do 10 gałązek o zróżnicowanym pod względem wysokości i stron świata położeniu w koronie drzewa. Gałązki o przeciętnej długości 30-40 cm ścinano (sekatorem na kilkunastometrowej tycze) na 2-3 dni przed pyleniem sosny i świerka oraz umieszczano w wazonach, w pokoju



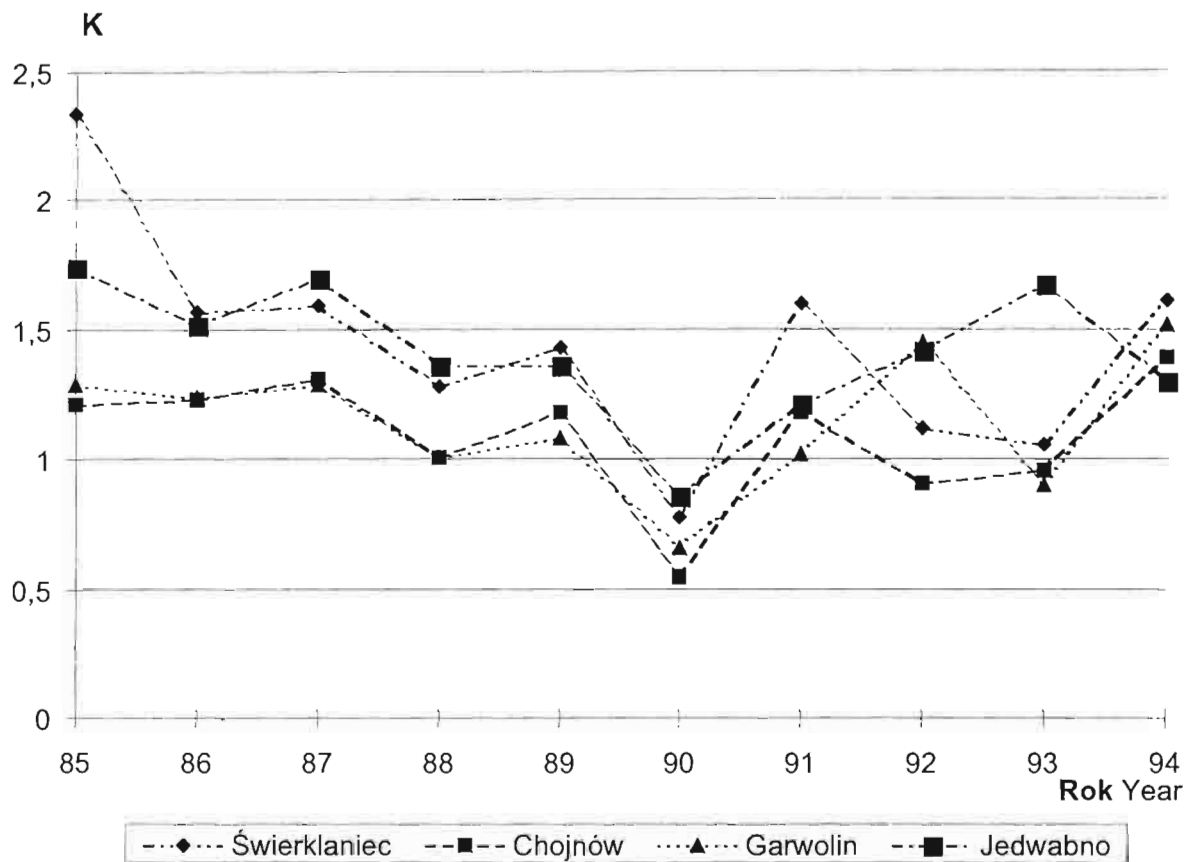
Ryc. 1. Wskaźniki zanieczyszczeń SO₂ w mg/m²/24h na powierzchniach próbnych IBL w okresie wegetacyjnym w latach 1985-94

Fig. 1. SO₂ [mg/m²/24h] pollution indexes on experimental plots in the vegetation periods of 1985-94



Ryc. 2. Wskaźniki zanieczyszczeń NO_x mg/m²/24h na powierzchniach próbnych IBL w okresie wegetacyjnym w latach 1985-94

Fig. 2. NO_x [mg/m²/24h] pollution indexes on experimental plots in the vegetation periods of 1985-94



Ryc. 3. Wskaźnik posusznosci Sielianinowa K w okresie wegetacyjnym na powierzchniach próbnych IBL w latach 1985-1994

Fig. 3. Sielianinov index (K) on IBL experimental plots in the vegetation periods of 1985-1994

o temperaturze ok. 22 °C, gdzie następowało otwieranie się pylników w kontrolowanych warunkach. Do badań żywotności pobierano zbiorcze próbki pyłku, zsypywane z kilkudziesięciu pylników na różnych gałązkach, pozyskiwane z każdego drzewa osobno.

Żywotność pyłku badano metodą kiełkowania na płynnej pożywce, w szalkach Petriego umieszczonych w termostacie, w stałej temperaturze 21 °C, dla każdej próbki pyłku w 4 powtórzeniach.

Płynna pożywka do kiełkowania pyłku zawierała następujące roztwory podstawowe:

1. H_3BO_3 – 100 mg, $Ca\ NO_3 \cdot 4H_2O$ – 300 mg, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 200 mg, H_2O destyl. – 100 ml;
2. KNO_3 – 100 mg /100 ml H_2O destyl.;
3. Tiamina – HCl (B_1) - 25 mg/50 ml H_2O destyl.;
4. Ryboflawina (B_2) – 12,5 mg/50 ml H_2O destyl.;
5. Kwas askorbinowy (C) – 25 mg/50 ml H_2O destyl.

Z każdego roztworu podstawowego pobrano po 10 ml, dodano 20 g sacharozy i rozcieńczono do 100 ml wodą destylowaną. Kwasowość pożywki doprowadzo-

no do pH 5,5-6,0 dodając HCL. Tak sporządzoną pożywkę sterylizowano w autoklawie przez 30 min. w temp. 120 °C pod ciśnieniem 1 atm.

Na podstawie liczby ziarn pyłku wytwarzających łagiewkę oraz jej długości oceniano żywotność pyłku dla każdego drzewa oddzielnie. Wyróżniano 2 długości łagiewki: krótką – do długości ziarenka i długą – przekraczającą swą długością kilkakrotnie wielkość ziarenka pyłku. Obserwacje żywotności prowadzono pod mikroskopem do 5 i 7 dnia od momentu wysiania na pożywkę. Po upływie 7 dni pyłek na pożywce atakowały grzyby pleśniowe. Rejestrowano ogólną liczbę wysianych ziarn pyłku znajdujących się w polu widzenia mikroskopu, liczbę ziarn z krótką łagiewką, liczbę ziarn z długą łagiewką oraz ziarna pozbawione łagiewki. Przeciętny wynik dla każdej szalki ustalano jako średnią z 4 różnych pól widzenia mikroskopu. Procentowy udział ziarn skielkowanych oraz ziarn z długą łagiewką obliczano w stosunku do wszystkich ziarn pyłku znajdujących się w polu widzenia.

W celu przeprowadzenia analizy wyników kiełkowania pyłku sosny w każdym roku zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji w układzie nieortogonalnym, gdzie źródłem zmienności był rok pylenia oraz pochodzenie pyłku. Istotność różnic badano testem Tukey'a. Wyniki procentowe były przekształcone do analizy wariancji wg formuły \arcsin .

Do obliczeń statystycznych wykorzystano program komputerowy Statgraphics Plus - Version 5.

4.3. Badanie wielkości szyszek oraz jakości nasion

W okresie zimowym (styczeń – luty) w kolejnych latach badań pozyskiwano z każdego drzewa (wyznaczonego w każdym roku) po 50 szyszek, ścinając gałązki z szyszkami, podobnie jak gałązki z pylnikami, sekatorem zamocowanym na kilkunastometrowej tyczce, w różnych pod względem stron świata i wysokości częściach korony. Przed wyłuszczeniem nasion dokonywano następujących pomiarów szyszek: długości, szerokości w połowie długości, masy każdej sztuki osobno oraz masy wszystkich 50 szt. łącznie.

Każdą szyszkę umieszczano osobno w papierowych torebkach, które następnie układano w szufladach szafy wyłuszcarskiej L-78. Łuszczenie prowadzono w 3-etapowym cyklu, początkowo w temperaturze 40 °C, a następnie w 50 i 60 °C. Próbkę nasion odskrzydlano ręcznie w woreczkach, a nasiona puste oddzielano w dmuchawach laboratoryjnych. Po otworzeniu się szyszek, wytrząsano z nich wszystkie nasiona (z każdej szyszki osobno), a następnie ustalano: masę każdej szyszki po wysuszeniu, masę nasion ze skrzydełkami, z każdej szyszki osobno i łączną masę wszystkich szyszek po wysuszeniu.

Nasiona z każdej szyszki układano w specjalnych szablonach i prześwietlano w japońskim aparacie ISB-40, stosując napięcie 12 kV, natężenie 5 mA i czas prześwietlania 7,5 lub 15s (zależnie od czułości stosowanej kliszy). Prześwietlano

wszystkie nasiona z 50 szyszek. Na podstawie zdjęć rentgenowskich dokonano podziału nasion na dwie frakcje: nasiona w pełni rozwinięte (pełne) oraz nasiona puste i niewykształcone, ustalając jednocześnie liczbę nasion z każdej frakcji i ich masę.

W następnym etapie zsypywano nasiona z pojedynczych szyszek, dla każdego drzewa osobno, w dwóch wyżej wymienionych frakcjach i ustalono dla każdej z nich łączną masę nasion (z dokładnością do 0,1 g). Z frakcji nasion pełnych pobierano losowo po 400 sztuk, określano masę 1000 nasion i poddawano je próbie kiełkowania w 4 powtórzeniach (4×100), w standardowych warunkach, na kiełkownikach Jacobsena w stałej temperaturze 24 ± 1 °C, z doświetlaniem przez 8h w ciągu dnia. Obserwacje energii kiełkowania prowadzono po 7 dniach, a zdolności kiełkowania – po 14 dniach.

Na zdjęciach rentgenowskich u wybranych losowo 200 nasion z każdego drzewa, pomierzono długość i szerokość zarodka oraz prabielma. Pomiarów wykonano z dokładnością do 1 mm, na zdjęciach powiększonych 20-krotnie w rzutniku Pentakta 100. Dzięki temu rzeczywista dokładność pomiaru wynosiła 0,05 mm.

Dane uzyskane z pomiaru masy szyszek i nasion, ustalonej łącznie dla 50 szyszek z każdego drzewa, posłużyły do wyliczeń wilgotności szyszek i wydajności nasion. Wydajność nasion z szyszek W_d określano przez obliczenie procentowego udziału oczyszczonych, pełnych i całkowicie wykształconych nasion w stosunku do masy całej próbki, według wzoru:

$$W_d = \frac{m}{M_n} \cdot 100\%$$

gdzie:

m – masa oczyszczonych nasion,

M_n – masa szyszek z nasionami.

Wydajność podawano w przeliczeniu na szyszki o normalnej wilgotności, tj. zawierające 20% wody w odniesieniu do suchej masy, jaką miały po wysuszeniu w temperaturze łuszczenia (40-60 °C). Przeliczenia masy wysuszonych szyszek z nasionami M_p na masę szyszek o normalnej wilgotności M_n dokonywano według wzoru:

$$M_n = \frac{M_p \cdot 100\%}{80\%}$$

Wilgotność przysłanych próbek szyszek W_g , czyli zawartość wody, określano z zastosowaniem wzoru:

$$W_g = \frac{M_w - M_p}{M_p} \cdot 100\%$$

gdzie:

M_w – masa próbki wilgotnej przed suszeniem,

M_p – masa próbki po wysuszeniu w trakcie łuszczenia.

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą programu Statgraphics Plus-Version 5, stosując analizę wariancyjną jednoczynnikową i dwuczynnikową w układzie ortogonalnym lub nieortogonalnym. Analizę wariancyjną wieloczynnikową i test Tukey'a do badania różnic między średnimi zastosowano wtedy, gdy źródłem zmienności było jednocześnie i pochodzenie (lub pojedyncze drzewo) i lata zbioru. Analizę wariancyjną jednoczynnikową do badania istotności różnic między średnimi zastosowano w przypadku porównywania różnych pochodzeń lub różnych drzew w tym samym roku zbioru. Test najmniejszych kwadratów zastosowano w przypadku badania żywotności pyłku, a test Tukey'a w przypadku badania zdolności kiełkowania nasion.

5. ANALIZA WYNIKÓW

5.1. Żywotność pyłku sosny

Pyłek sosny pozyskiwano na 3 stałych powierzchniach próbnych w nadleśnictwach Świerklaniec, Chojnów i Garwolin w latach 1988-1994 oraz jednorazowo w Jedwabnie w 1992 r.

Wyniki kiełkowania pyłku z pojedynczych drzew sosny na powierzchniach próbnych IBL zestawiono w tabeli 1. Na ogół zdolność kiełkowania pyłku wszystkich badanych drzew w latach prowadzenia obserwacji była wysoka (powyżej 80%).

Obniżoną zdolność kiełkowania u pojedynczych drzew w czasie 7-letniego okresu prowadzenia badań, stwierdzono tylko w 3 latach. W 1992 r. tylko jedno drzewo z nadleśnictw Chojnów i Jedwabno odznaczało się zdolnością kiełkowania poniżej 80% i wynosiła ona odpowiednio 55 i 65,5%. Najniższą ze wszystkich badanych drzew zdolność kiełkowania pyłku zanotowano w 1993 r. w Garwolinie – 50,8%, natomiast w 1994 r., w którym przeciętna z 3 badanych regionów zdolność kiełkowania pyłku wynosiła 92,1% (tab. 1), u pojedynczych drzew w Świerklańcu i Chojnowie pyłek kiełkował na poziomie 57,0 i 65,5%.

Analizując badane aspekty żywotności pyłku sosny w poszczególnych latach na wybranych powierzchniach, tylko w czterech latach udowodniono statystycznie istotne różnice w średniej zdolności kiełkowania pyłku (tab. 2). W 1988 r.

Tabela 1
Table 1

Kiełkowanie pyłku pojedynczych drzew sosny na powierzchniach próbnych IBL w latach 1988–94
Germination of pollen of particular pine trees on the IBL experimental plots in the years 1988-94

| Pochodzenie (nadleśnictwo) Provenance (Forest) | Drzewo Tree | Odsetek ziarn pyłku skiełkowanych w latach Percentage of pollen grains germinated in the years | | | | | | | Odsetek ziarn pyłku z długą lagiewką Percentage of pollen grains with long pollen-tube | | | | | | |
|---|----------------|---|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|------|
| | | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
| Świerklaniec | A | – | 97.9 | – | 97.2 | 89.8 | 95.5 | 88.6 | – | 19.5 | – | 11.6 | 12.6 | 72.7 | 15.5 |
| | B | 98.8 | 93.9 | 87.1 | 92.5 | 87.8 | 85.4 | 57.0 | nb* | 19.5 | 14.7 | 11.6 | 15.5 | 9.8 | 5.5 |
| | C | 96.9 | 96.6 | 87.8 | 95.6 | 79.2 | 92.9 | 79.6 | nb | 20.2 | 16.0 | 12.5 | 15.3 | 24.5 | 30.7 |
| | D | 99.0 | 87.6 | 92.7 | 93.5 | 89.6 | 87.9 | 96.2 | nb | 13.0 | 19.9 | 12.1 | 12.8 | 79.5 | 26.7 |
| | E | 94.3 | 97.9 | – | 89.3 | 88.7 | 94.0 | 84.6 | nb | 20.1 | – | 10.2 | 12.8 | 18.1 | 25.5 |
| | 1 | – | – | 80.1 | 89.2 | 90.5 | 94.4 | 95.8 | – | – | 14.6 | 11.4 | 14.4 | 26.1 | 12.7 |
| | 2 | – | – | 87.7 | 90.6 | 84.0 | 86.3 | 83.4 | – | – | 19.1 | 10.0 | 8.0 | 10.7 | 13.0 |
| | 3 | – | – | 88.2 | 93.1 | 85.0 | 87.3 | 81.0 | – | – | 14.6 | 10.3 | 11.3 | 17.1 | 12.0 |
| | 4 | – | – | – | – | – | – | 88.6 | – | – | – | – | – | – | 9.4 |
| | 5 | – | – | – | – | – | – | 91.1 | – | – | – | – | – | – | 17.6 |
| | \bar{x} | 97.3 | 94.8 | 87.3 | 92.6 | 86.8 | 90.5 | 85.0 | – | 18.5 | 16.5 | 11.2 | 12.8 | 32.3 | 16.9 |
| Chojnów | 1 | 94.4 | – | 94.4 | 88.9 | 84.4 | 81.4 | 98.5 | nb | – | 13.6 | 9.7 | 17.2 | 11.4 | 52.8 |
| | 2 | 82.7 | – | 91.6 | 95.0 | 55.0 | 92.1 | 98.4 | nb | – | 16.5 | 9.3 | 0.0 | 46.3 | 46.7 |
| | 3 | 84.6 | – | 94.0 | 93.8 | 84.6 | 93.6 | 65.5 | nb | – | 24.8 | 11.2 | 9.3 | 13.5 | 29.5 |
| | 4 | 79.7 | – | 87.6 | 91.4 | 94.9 | 91.0 | 98.5 | nb | – | 16.7 | 11.8 | 2.4 | 9.1 | 53.5 |
| | 5 | 95.2 | – | 92.8 | 88.3 | 91.4 | 91.1 | 96.8 | nb | – | 18.6 | 15.8 | 14.5 | 7.3 | 29.8 |
| | 6 | – | – | 94.4 | 87.1 | 82.9 | 93.6 | 95.8 | – | – | 14.2 | 10.6 | 11.4 | 6.0 | 54.0 |
| | 7 | – | – | – | 95.6 | 93.6 | 86.5 | 96.4 | – | – | – | 13.1 | 3.5 | 7.1 | 15.4 |
| | 8 | – | – | – | 89.1 | 91.9 | 76.0 | 97.7 | – | – | – | 11.1 | 14.6 | 4.0 | 51.1 |
| | 9 | – | – | – | 93.3 | – | – | – | – | – | – | 11.0 | – | – | – |
| | | \bar{x} | 87.3 | – | 92.5 | 91.4 | 84.8 | 88.2 | 97.2 | – | – | 17.4 | 11.5 | 10.4 | 13.1 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|---|------|------|------|-------|------|------|
| Garwolin | 1 | – | 90,7 | 90,9 | 97,3 | 88,7 | 89,4 | 93,8 | – | 19,8 | 12,6 | 11,8 | 19,3 | 14,5 | 32,7 |
| | 2 | – | 88,5 | 85,2 | 95,3 | 94,2 | 96,0 | 92,6 | – | 16,6 | 10,6 | 13,5 | 11,1 | 87,2 | 38,7 |
| | 3 | – | 97,0 | 92,5 | 95,4 | 90,5 | 93,7 | 95,5 | – | 14,9 | 13,5 | 12,9 | 12,0 | 59,7 | 36,6 |
| | 4 | – | 88,3 | 92,1 | 95,9 | 93,1 | 91,6 | 96,0 | – | 16,2 | 24,4 | 12,6 | 3,6 | 18,5 | 61,8 |
| | 5 | – | – | 83,3 | 94,1 | 87,0 | 92,4 | 91,6 | – | – | 16,6 | 12,4 | 12,9 | 14,1 | 13,2 |
| | 6 | – | – | 91,6 | 92,2 | 87,8 | 88,6 | 91,8 | – | – | 17,3 | 12,2 | 12,3 | 11,0 | 17,7 |
| | 7 | – | – | 76,7 | 94,3 | 88,2 | 50,8 | 93,9 | – | – | 6,6 | 13,2 | 14,4 | 6,0 | 29,0 |
| | 8 | – | – | 83,4 | 90,4 | 89,8 | 90,2 | 94,4 | – | – | 15,6 | 11,3 | 13,02 | 20,4 | 18,1 |
| | 9 | – | – | – | 94,6 | – | 90,1 | 96,2 | – | – | – | 11,2 | – | 13,0 | 22,9 |
| | 10 | – | – | – | – | – | 95,8 | – | – | – | – | – | – | 35,0 | – |
| | 11 | – | – | – | – | – | 94,7 | – | – | – | – | – | – | 33,0 | – |
| | \bar{x} | – | 93,6 | 87,0 | 94,4 | 89,9 | 88,5 | 94,0 | – | 16,9 | 14,7 | 12,3 | 12,4 | 28,4 | 30,1 |
| Jedwabno | 1 | – | – | – | – | 90,8 | 87,9 | – | – | – | – | – | 12,7 | 35,4 | – |
| | 2 | – | – | – | – | 83,7 | – | – | – | – | – | – | 11,4 | – | – |
| | 3 | – | – | – | – | 87,9 | – | – | – | – | – | – | 10,0 | – | – |
| | 4 | – | – | – | – | 89,6 | – | – | – | – | – | – | 12,3 | – | – |
| | 5 | – | – | – | – | 83,2 | – | – | – | – | – | – | 13,4 | – | – |
| | 6 | – | – | – | – | 88,9 | – | – | – | – | – | – | 13,0 | – | – |
| | 7 | – | – | – | – | 90,4 | – | – | – | – | – | – | 12,1 | – | – |
| | 8 | – | – | – | – | 65,5 | – | – | – | – | – | – | 6,9 | – | – |
| | \bar{x} | – | – | – | – | 85,0 | – | – | – | – | – | – | 11,5 | – | – |
| Ogółem | | 92,3 | 94,2 | 88,9 | 92,8 | 86,6 | 89,1 | 92,1 | – | 17,7 | 16,2 | 11,7 | 11,8 | 24,6 | 29,7 |

*nb – nie badano

*nb – no research

Uwaga: 1) drzewa oznaczone literami od A do E – drzewa trwale oznaczone w terenie, pyłące kilkakrotnie w badanym okresie,

2) drzewa oznaczone kolejnymi liczbami – drzewa wybierane losowo, pyłące w danym roku (inna numeracja w każdym roku).

Remarks: 1) trees with letters A–E were permanently marked in the forest, they pollinated several times during investigation period,

2) trees marked in turn with figures were chosen at random, they pollinated in particular year (different numeration every year).

Tabela 2
Table 2

Wyniki analizy statystycznej zdolności kiełkowania pyłku

Results of the statistical analysis of pollen power germination

| Rok Year | Analiza wariancji Variance analysis | | Badanie istotności różnic pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej** Research on significance of difference between averages arranged from the highest to the lowest** |
|--|---|-------------|--|
| | źródło zmienności (liczba powierzchni) source of variation (number of plots) | $p\alpha^*$ | |
| 1988 | 2 | 0,0194 | Świerklaniec — Chojnów |
| 1989 | 2 | 0,2255 | Świerklaniec — Garwolin |
| 1990 | 3 | 0,0541 | Chojnów — Świerklaniec — Garwolin |
| 1991 | 3 | 0,0828 | Garwolin — Świerklaniec — Chojnów |
| 1992 | 3 | 0,4801 | Garwolin — Świerklaniec — Chojnów |
| 1993 | 3 | 0,8484 | Świerklaniec — Garwolin — Chojnów |
| 1994 | 3 | 0,0002 | Chojnów — Garwolin — Świerklaniec |
| Z różnych lat na różnych po- wierzchniach From different years on dif- ferent plots | 3 | 0,5601 | Garwolin — Chojnów — Świerklaniec |
| | 7 lat | 0,0051 | 89 — 88 — 91 — 94 — 93 — 90 — 92 |

*dla tych wartości $p\alpha$ udowodniono istotność różnic*for those values of $p\alpha$ the significance difference was proved

**kreskami połączono powierzchnie lub lata, których średnie nie różnią się istotnie między sobą

**hyphens were put to join together the experimental plots or years, of which the averages do not differ significantly

pyłek ze Świerkłańca był bardziej żywotny (97,3%) od pyłku pochodzącego z drzew w Chojnowie (87,3%). Z kolei w 1990 r. żywotność pyłku w Chojnowie była największa (92,5%) i różniła się istotnie od Świerkłańca i Garwolina (87,3 i 87,0) podczas, gdy w 1991 r. była najniższa (91,4%) i również różniła się istotnie od Świerkłańca i Garwolina (92,6 i 94,4%). Natomiast w 1994 r. najniższą zdolnością kiełkowania odznaczał się pyłek ze Świerkłańca (85,0%), która różniła się istotnie od zdolności kiełkowania pyłku z Garwolina (94,0%) i Chojnowa (97,2%). W pozostałych latach nie udowodniono statystycznie istotnych różnic w zdolności kiełkowania pyłku pochodzącego z różnych stref zagrożeń przemysłowych (tab. 2).

Przeciętna zdolność kiełkowania pyłku sosny dla badanych regionów z okresu 7 lat wynosiła 90,8%. Najwyższą (94,2%) stwierdzono w 1989 r. i różniła się ona statystycznie (tab. 2) od 1990 r. (88,9%), 1992 r. (86,6%) i 1993 r. (89,1%). Z kolei najniższa zdolność kiełkowania pyłku zanotowana w 1992 r. różniła się istotnie od 1988 r. (92,3%), 1989 r. (94,2%), 1991 r. (92,8%) i 1994 r. (92,1%).

Dla ziarn z długą łagiewką nie udowodniono statystycznie istotnej różnicy między strefami znajdującymi się w zasięgu oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że żywotność pyłku sosny w większym stopniu zależy od zmienności osobniczej poszczególnych drzew i warunków klimatycznych w okresie kwitnienia, aniżeli od strefy oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych. Drzewostany sosnowe ze Świerklańca i Garwolina, znajdujące się w strefie oddziaływania przemysłu (z huty Katowice i elektrowni Kozienice), odznaczały się wysoką zdolnością kiełkowania pyłku w badanym 7-letnim okresie i nie różniły się istotnie pod tym względem od drzewostanów z terenu Chojnowa, uważanego za strefę o stosunkowo niskim oddziaływaniu zanieczyszczeń przemysłowych.

W 1992 r. we wszystkich 4 badanych regionach stwierdzono niższą w stosunku do przeciętnej z całego okresu prowadzenia obserwacji zdolność kiełkowania pyłku sosny, jednak nie udowodniono statystycznie istotnych różnic (tab. 2). Pomimo że teren Nadleśnictwa Jedwabno uchodzi za jeden z niewielu w Polsce regionów o stosunkowo małym zagrożeniu przez emisje przemysłowe, to i tu również stwierdzono obniżoną zdolność kiełkowania pyłku.

Na podstawie powyższych wyników nie można stwierdzić, że żywotność pyłku określona odsetkiem ziarn skiełkowanych i ziarn z długą łagiewką może być wskaźnikiem uszkodzeń bądź osłabienia drzewostanów sosnowych w strefach oddziaływania zanieczyszczeń przemysłowych.

Otrzymane wyniki i przedstawione na ich podstawie ogólne stwierdzenia wymagają potwierdzenia w dalszych badaniach i powinny wejść w zakres monitoringu biologicznego, prowadzonego od kilku lat na terenach leśnych Polski przez Instytut Badawczy Leśnictwa.

5.2. Wydajność i żywotność nasion

Obserwacje prowadzone przez 6 lat na różnych powierzchniach próbnych wskazują, że wydajność obradzania i jakość nasion sosny zależały zarówno od miejsca jak i roku zbioru nasion (tab. 3-10).

Szyszki zbierane na 4 powierzchniach próbnych różniły się między sobą przeciętną z 6 lat masą, nie różniły się natomiast wymiarami (tab. 3, 4 i 5). Przeciętna masa szyszek z Nadl. Świerklaniec była istotnie większa od masy szyszek z Nadl. Jedwabno, a szyszki z Nadl. Garwolin zajmowały pod tym względem pośrednie pozycje (tab. 4). Analiza wariacyjna nie udowodniła jednak istotności

Tabela 3
Table 3

Cechy szyszek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w latach 1988–1993, dla powierzchni próbnych
Features of cones of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) taken from experimental plots in the years 1988-1993

| Pochodzenie (nadleśnictwo) Provenance (Forest Division) | Rok Year | Masa 50 szyszek z nasionami o wilgotności 20% Yield of 50 cones with 20% seed moisture | Wilgotność szyszek świeżych Moisture of fresh cones | Średnia masa szyszeki świeżej Average yield of 1 fresh cone | Średnie wymiary szyszek Average dimensions of cones | | Wydajność nasion z szyszek Productiveness of seed from cones | Średnia liczba nasion z 1 szyszeki Average number of seeds from 1 cone | | Masa nasion z 50 szyszek Yield from 50 cones | | Udział nasion pustych Share of empty seeds |
|--|-------------|---|--|--|--|--------------------|---|---|------------------|---|------------------|---|
| | | | | | długość length | szerokość width | | pełnych full | pustych empty | pełnych full | pustych empty | |
| | | | | | g | % | | g | cm | % | szt. | |
| Świerklaniec | 1988 | 288.54 | 16.72 | 5.36 | 3.89 | 1.97 | 1.85 | 14 | 6 | 5.36 | 0.87 | 13.86 |
| | 1989 | 230.54 | 22.41 | 4.51 | 3.66 | 1.84 | 1.97 | 9 | 4 | 4.52 | 0.47 | 9.45 |
| | 1990 | 304.88 | 14.75 | 5.55 | 3.93 | 1.95 | 1.96 | 13 | 4 | 5.55 | 0.39 | 7.46 |
| | 1991 | 412.04 | 20.76 | 8.32 | 4.60 | 2.25 | 1.93 | 22 | 4 | 7.95 | 0.53 | 6.70 |
| | 1992 | 288.16 | 28.61 | 6.45 | 4.15 | 1.96 | 2.29 | 20 | 5 | 6.60 | 0.54 | 7.70 |
| | 1993 | 345.84 | 15.96 | 6.59 | 4.39 | 2.01 | 1.91 | 19 | 5 | 6.82 | 0.67 | 10.30 |
| | \bar{x} | 311.67 | 19.87 | 6.13 | 4.10 | 2.00 | 1.99 | 16 | 5 | 6.13 | 0.58 | 9.25 |
| Chojnów | 1988 | 285.84 | 15.95 | 5.44 | 3.71 | 1.97 | 1.40 | 9 | 5 | 3.85 | 0.59 | 13.50 |
| | 1989 | 205.88 | 16.92 | 3.89 | 3.54 | 1.68 | 1.27 | 6 | 2 | 2.56 | 0.21 | 8.28 |
| | 1990 | 306.87 | 17.31 | 5.94 | 4.09 | 1.95 | 1.64 | 15 | 3 | 5.40 | 0.34 | 8.09 |
| | 1991 | 347.53 | 22.04 | 7.15 | 4.23 | 2.28 | 1.11 | 10 | 3 | 4.15 | 0.48 | 10.80 |
| | 1992 | 419.63 | 17.21 | 9.00 | 4.41 | 2.22 | 1.90 | 17 | 3 | 8.04 | 0.43 | 5.80 |
| | 1993 | 248.35 | 20.51 | 5.05 | 3.82 | 1.86 | 1.93 | 14 | 4 | 4.49 | 0.34 | 7.60 |
| | \bar{x} | 302.35 | 18.32 | 6.08 | 3.97 | 2.01 | 1.54 | 12 | 3 | 4.75 | 0.40 | 9.01 |
| | 1989 | 262.25 | 13.75 | 4.85 | 3.86 | 1.83 | 0.93 | 6 | 2 | 2.43 | 0.25 | 9.80 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-----------|--------|-------|------|------|------|------|----|---|------|------|-------|
| Garwolin | 1990 | 272.34 | 15.84 | 5.18 | 4.00 | 1.84 | 1.52 | 12 | 3 | 4.18 | 0.35 | 8.55 |
| | 1991 | 329.54 | 19.33 | 6.53 | 4.19 | 2.01 | 1.56 | 14 | 3 | 5.22 | 0.30 | 6.10 |
| | 1992 | 293.61 | 16.39 | 5.61 | 3.96 | 1.93 | 1.53 | 12 | 3 | 4.39 | 0.34 | 8.00 |
| | 1993 | 294.88 | 20.51 | 5.93 | 4.14 | 1.94 | 1.93 | 13 | 6 | 4.48 | 0.67 | 13.80 |
| | \bar{x} | 290.52 | 17.16 | 5.62 | 4.03 | 1.91 | 1.49 | 11 | 3 | 4.14 | 0.38 | 9.25 |
| Jedwabno | 1992 | 273.03 | 21.10 | 5.55 | 4.09 | 1.90 | 1.71 | 15 | 4 | 4.92 | 0.45 | 9.90 |
| | 1993 | 241.18 | 23.89 | 4.96 | 3.84 | 1.85 | 1.55 | 14 | 4 | 3.88 | 0.36 | 10.10 |
| | \bar{x} | 257.11 | 22.50 | 5.25 | 3.97 | 1.88 | 1.63 | 15 | 4 | 4.40 | 0.41 | 10.00 |
| Przeciętna z 4 powierzchni Average from 4 plots | 1988 | 287.19 | 16.34 | 5.40 | 3.80 | 1.97 | 1.63 | 12 | 9 | 4.61 | 0.73 | 13.68 |
| | 1989 | 232.89 | 17.69 | 4.42 | 3.69 | 1.78 | 1.43 | 7 | 3 | 3.17 | 0.31 | 9.18 |
| | 1990 | 294.70 | 15.97 | 5.56 | 4.01 | 1.91 | 1.71 | 13 | 3 | 5.04 | 0.36 | 8.03 |
| | 1991 | 363.04 | 20.71 | 5.50 | 3.34 | 2.21 | 1.53 | 15 | 3 | 5.77 | 0.44 | 7.87 |
| | 1992 | 318.61 | 20.83 | 6.65 | 4.15 | 2.00 | 1.86 | 16 | 4 | 5.99 | 0.44 | 7.85 |
| | 1993 | 282.56 | 20.22 | 5.63 | 4.05 | 1.92 | 1.83 | 15 | 5 | 4.92 | 0.51 | 10.45 |
| | 1988–93 | 296.50 | 18.63 | 5.53 | 3.84 | 1.97 | 1.39 | 13 | 5 | 4.92 | 0.47 | 9.51 |

Tabela 4

Table 4

Wyniki analizy statystycznej różnych cech szyszek dla powierzchni próbnych

Results of statistical analysis of different cones features for experimental plots

| Przedmiot analizy Subject of analyses | Analiza wariancji Variance analysis | | Badanie istotności różnic pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej* Research on significance between averages arranged from the highest to the lowest* |
|--|--|----------------|--|
| | Źródło zmienności (liczba powierzchni -p lub lat -l) Source of variation (number of plots -p or years -l) | p_{α} * | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Masa 50 szyszek Yield of 50 cones | 4 p | 0,0231 | Świerklaniec Chojnów Garwolin Jedwabno |
| | 6 l | 0,0000 | 92 93 94 91 89 90 |
| Długość szyszek Length of cones | 4 p | 0,1287 | Świerklaniec Chojnów Garwolin Jedwabno |
| | 6 l | 0,0002 | 92 93 94 91 89 90 |
| Szerokość szyszek Width of cones | 4 p | 0,0677 | Chojnów Świerklaniec Garwolin Jedwabno |
| | 6 l | 0,0000 | 92 93 94 89 91 90 |
| Wydajność nasion z szyszek Productivity of cones | 4 p | 0,0009 | Świerklaniec Chojnów Garwolin Jedwabno |
| | 6 l | 0,1029 | 93 94 91 89 92 90 |
| Udział nasion pustych w szyszkach Share of empty seeds in cones | 4 p | 0,9005 | Jedwabno Garwolin Świerklaniec Chojnów |
| | 6 l | 0,0265 | 89 94 90 91 92 93 |

Tabela 4 c.d.
Table 4 continued

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
|---|-----|--------|--|----|----|----|----|----|
| Liczba pełnych nasion w 1 szyszce No of full seeds in 1 cone | 4 p | 0,0000 | Świerklaniec Chojnów Jedwabno Garwolin | | | | | |
| | 6 l | 0,0000 | 93 | 92 | 94 | 91 | 89 | 90 |
| Liczba pustych nasion w 1 szyszce No of empty seeds in 1 cone | 4 p | 0,0200 | Świerklaniec Jedwabno Garwolin Chojnów | | | | | |
| | 6 l | 0,0040 | 89 | 94 | 93 | 92 | 91 | 90 |

*Oznaczenia jak w tabeli 2

* Designations as in the table 2

niewielkich różnic w przeciętnej długości i szerokości szyszek między badanymi regionami.

Najbardziej dorodne szyszki wykształciły się w latach 1991, 1992 i 1993, a najmniej dorodne w 1989 r. Pomędzy tymi latami udowodniono istotność różnic w masie, długości i szerokości szyszek. Wielkość szyszek nie związana była jednak istotnie z wydajnością nasion, ponieważ między zbiorami we wszystkich 6 porównywanych sezonach nie udowodniono istotności różnic pod tym względem. Wprawdzie w sezonie 1989/90 masa i liczba nasion pozyskiwanych z przeciętnej szyszki była najmniejsza, ale odpowiednio mniejszy był również udział nasion pustych. To zachowanie stałej proporcji między udziałem nasion pustych a udziałem nasion pełnych w różnych latach zadecydowało prawdopodobnie o braku różnic w wydajności nasion pełnych, wyrażonej procentowym udziałem ich masy w masie szyszek.

Największą przeciętną wydajnością nasion, określoną jako procentowy udział masy nasion pełnych w stosunku do masy szyszek, charakteryzowały się szyszki pozyskane w Nadl. Świerklaniec, które różniły się istotnie pod tym względem od szyszek z pozostałych 3 nadleśnictw (tab. 4). Różnica ta wynikała głównie z uzyskiwania z szyszek w Nadl. Świerklaniec większych ilości nasion pełnych, o istotnie większej sumarycznej masie. Nie udowodniono natomiast istotności różnic pomiędzy wszystkimi pochodzeniami pod względem procentowego udziału masy nasion pustych w ogólnej masie wszystkich nasion uzyskiwanych z szyszek (łącznie z pustymi) (tab. 3 i 4).

Również rozpatrując wydajność nasion w aspekcie liczbowym stwierdzono, że w nadl. Świerklaniec uzyskiwano (średnio w okresie 6 lat) istotnie większą liczbę nasion w przeliczeniu na 1 szyszkę niż w pozostałych 3 nadleśnictwach (tab. 3 i 4). Wprawdzie w liczbie tej było również odpowiednio więcej nasion

Tabela 5
Table 5

Cechy szyszek sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) w latach 1988–93, dla pojedynczych drzew
Features of cones of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) individual trees in the years 1988-1993

| Pochodzenie Provenance | Drzewo Tree | Lata Years | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--|------|------|------|------|------|
| | | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
| | | Masa 50 szyszek z nasionami o wilgotności 20% Yield of 50 cones with 20% moist of seeds (g) | | | | | | Wydajność nasion z szyszek Productivity of seeds from cones (%) | | | | | |
| Świerklaniec | A | 241.58 | 198.52 | 227.45 | 330.36 | 273.00 | 243.26 | 1.77 | 1.66 | 0.87 | 1.93 | 1.89 | 1.73 |
| | B | 324.67 | 281.79 | 334.55 | 428.54 | 416.50 | 430.86 | 1.92 | 2.12 | 0.71 | 1.58 | 2.22 | 2.46 |
| | C | 399.36 | – | – | 403.30 | – | – | 1.71 | – | – | 2.39 | – | – |
| | D | – | – | – | 435.70 | – | 341.54 | – | – | – | 0.60 | – | 1.53 |
| | E | – | – | – | – | – | 331.88 | – | – | – | – | – | 1.57 |
| | 1 | 319.56 | 265.85 | 362.40 | 305.59 | 238.68 | 262.05 | 2.23 | 1.83 | 1.48 | 1.92 | 2.06 | 1.07 |
| | 2 | 188.12 | 194.96 | 235.58 | 442.51 | 354.86 | 431.71 | 1.79 | 2.56 | 2.32 | 2.21 | 2.38 | 2.39 |
| | 3 | 257.93 | 211.59 | 211.34 | 515.28 | 257.45 | 428.99 | 1.67 | 1.66 | 3.09 | 2.16 | 2.99 | 2.15 |
| | 4 | – | – | 260.42 | 435.05 | 188.49 | 329.93 | – | – | 2.56 | 2.63 | 2.18 | 2.25 |
| | 5 | – | – | 425.01 | – | – | 312.34 | – | – | 1.62 | – | – | 2.02 |
| Chojnów | 1 | 376.77 | 147.17 | 261.47 | 234.50 | 426.19 | 163.65 | 0.44 | 1.57 | 0.45 | 0.33 | 0.93 | 3.37 |
| | 2 | 318.73 | 210.70 | 346.77 | 332.79 | 375.80 | 321.30 | 1.44 | 0.95 | 2.72 | 1.37 | 2.10 | 0.83 |
| | 3 | 284.67 | 231.85 | 268.41 | 278.86 | 600.00 | 252.10 | 1.97 | 1.94 | 0.67 | 1.14 | 2.08 | 1.57 |
| | 4 | 193.67 | 233.80 | 408.34 | 371.64 | 418.75 | 263.38 | 1.49 | 0.60 | 2.59 | 1.19 | 3.06 | 2.01 |
| | 5 | 231.76 | – | 350.71 | 610.41 | 368.41 | 193.35 | 1.55 | – | 1.49 | 1.79 | 1.25 | 1.82 |
| | 6 | 309.49 | – | 296.17 | 388.01 | 328.65 | 308.78 | 1.54 | – | 2.07 | 1.18 | 1.95 | 1.78 |
| | 7 | – | – | 324.96 | 230.00 | – | 235.90 | – | – | 2.06 | 1.53 | – | 2.12 |
| | 8 | – | – | 198.14 | 334.03 | – | – | – | – | 1.09 | 0.37 | – | – |
| Garwolin | 1 | – | 211.24 | 194.49 | 284.29 | 253.21 | 262.40 | – | 0.94 | 1.05 | 2.04 | 1.35 | 1.83 |
| | 2 | – | 320.80 | 278.39 | 345.76 | 335.29 | 234.73 | – | 0.89 | 1.58 | 1.51 | 1.36 | 1.56 |
| | 3 | – | 268.11 | 277.49 | 418.44 | 354.58 | 347.19 | – | 0.77 | 1.65 | 1.54 | 1.70 | 1.89 |
| | 4 | – | 248.86 | 242.80 | 252.39 | 336.45 | 344.88 | – | 1.12 | 1.69 | 1.49 | 0.83 | 1.99 |
| | 5 | – | – | 331.00 | 296.21 | 208.33 | 245.26 | – | – | 1.58 | 1.01 | 1.82 | 1.15 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|--------|--------|--------|--------|--|------|------|------|------|------|
| | 6 | - | - | 269.91 | 361.71 | 273.78 | 286.06 | - | - | 2.18 | 2.41 | 2.09 | 1.16 |
| | 7 | - | - | 279.52 | 277.71 | - | 326.91 | - | - | 1.04 | 0.85 | - | 1.11 |
| | 8 | - | - | 305.12 | 399.80 | - | 311.60 | - | - | 1.39 | 1.63 | - | 1.34 |
| Jedwabno | 1 | - | - | - | - | 193.24 | 166.58 | - | - | - | - | 0.81 | 1.04 |
| | 2 | - | - | - | - | 218.69 | 349.91 | - | - | - | - | 2.17 | 1.91 |
| | 3 | - | - | - | - | 298.36 | 201.78 | - | - | - | - | 2.10 | 2.13 |
| | 4 | - | - | - | - | 197.21 | 241.90 | - | - | - | - | 1.42 | 1.83 |
| | 5 | - | - | - | - | 294.89 | 272.51 | - | - | - | - | 1.59 | 1.89 |
| | 6 | - | - | - | - | 435.80 | 214.21 | - | - | - | - | 2.16 | 1.13 |
| | 7 | - | - | - | - | - | 279.03 | - | - | - | - | - | 1.70 |
| | 8 | - | - | - | - | - | 203.49 | - | - | - | - | - | 0.79 |
| Średnia długość szyszek Average length of cones (cm) | | | | | | | | Średnia szerokość szyszek Average width of cones (cm) | | | | | |
| Świerklaniec | A | 3.73 | 3.41 | 3.49 | 4.10 | 3.82 | 3.81 | 1.86 | 1.73 | 1.84 | 2.13 | 2.00 | 1.78 |
| | B | 4.25 | 4.07 | 4.32 | 4.90 | 4.50 | 4.95 | 2.01 | 1.93 | 2.00 | 2.27 | 2.17 | 2.16 |
| | C | 4.28 | - | - | 4.36 | - | - | 2.27 | - | - | 2.31 | - | - |
| | D | - | - | - | 4.57 | - | 4.42 | - | - | - | 2.23 | - | 1.98 |
| | E | - | - | - | - | - | 4.52 | - | - | - | - | - | 2.03 |
| | 1 | 4.27 | 3.77 | 4.18 | 3.82 | 4.12 | 3.77 | 1.98 | 2.00 | 2.12 | 2.08 | 1.94 | 1.89 |
| | 2 | 3.17 | 3.24 | 3.62 | 4.88 | 4.74 | 5.02 | 1.76 | 1.71 | 1.85 | 2.30 | - | 2.10 |
| | 3 | 3.65 | 3.81 | 3.31 | 5.25 | 4.15 | 4.79 | 1.94 | 1.81 | 1.77 | 2.42 | - | 2.16 |
| | 4 | - | - | 3.87 | 4.88 | 3.59 | 4.11 | - | - | 1.89 | 2.26 | 1.63 | 2.03 |
| | 5 | - | - | 4.70 | - | - | 4.16 | - | - | 2.16 | - | - | 1.94 |
| Chojnów | 1 | 4.33 | 3.03 | 3.61 | 3.94 | 4.05 | 3.44 | 2.23 | 1.47 | 1.86 | 4.20 | 2.29 | 1.65 |
| | 2 | 3.63 | 3.37 | 4.24 | 3.93 | 4.31 | 4.00 | 2.02 | 1.73 | 2.04 | 2.07 | 2.11 | 2.10 |
| | 3 | 3.62 | 3.73 | 4.23 | 3.83 | 4.99 | 4.01 | 1.94 | 1.81 | 1.80 | 1.93 | 2.57 | 1.83 |
| | 4 | 2.98 | 4.05 | 4.75 | 4.09 | 4.54 | 3.45 | 1.82 | 1.79 | 2.21 | 2.17 | 2.24 | 1.90 |
| | 5 | 3.72 | - | 3.98 | 5.27 | 4.66 | 3.36 | 1.76 | - | 2.04 | 2.59 | 2.08 | 1.69 |
| | 6 | 3.97 | - | 4.09 | 4.59 | 3.92 | 4.71 | 2.07 | - | 1.98 | 2.27 | 2.02 | 2.01 |
| | 7 | - | - | 4.35 | 3.65 | -0 | 3.78 | - | - | 2.01 | 1.78 | - | 1.83 |
| | 8 | - | - | 3.49 | 4.53 | - | - | - | - | 1.65 | 2.00 | - | - |
| Garwolin | 1 | - | 3.64 | 3.44 | 4.00 | 3.77 | 3.73 | - | 1.70 | 1.68 | 1.90 | 1.80 | 1.88 |

Tabela 5 c.d.
Table 5 continued

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----|------|------|------|------|------|---|------|------|------|------|------|
| | 2 | – | 4.13 | 4.18 | 4.43 | 4.17 | 3.74 | – | 2.00 | 1.79 | 2.11 | 1.99 | 1.80 |
| | 3 | – | 3.79 | 4.22 | 4.96 | 4.31 | 4.30 | – | 1.79 | 1.82 | 2.09 | 2.12 | 2.05 |
| | 4 | – | 3.86 | 3.48 | 3.78 | 3.84 | 3.98 | – | 1.82 | 1.86 | 1.86 | 2.09 | 2.10 |
| | 5 | – | – | 4.23 | 3.75 | 3.49 | 4.09 | – | – | 1.97 | 1.94 | 1.78 | 1.82 |
| | 6 | – | – | 4.11 | 4.48 | 4.00 | 4.38 | – | – | 1.82 | 2.04 | 1.82 | 1.92 |
| | 7 | – | – | 4.19 | 3.57 | – | 4.48 | – | – | 1.88 | 1.92 | – | 2.00 |
| | 8 | – | – | 4.17 | 4.53 | – | 4.47 | – | – | 1.91 | 2.24 | – | 1.97 |
| Jedwabno | 1 | – | – | – | – | 3.58 | 3.65 | – | – | – | – | 1.71 | 1.53 |
| | 2 | – | – | – | – | 3.77 | 4.57 | – | – | – | – | 1.73 | 2.09 |
| | 3 | – | – | – | – | 4.08 | 3.49 | – | – | – | – | 1.94 | 1.80 |
| | 4 | – | – | – | – | 3.60 | 3.82 | – | – | – | – | 1.81 | 1.88 |
| | 5 | – | – | – | – | 4.45 | 3.88 | – | – | – | – | 1.95 | 1.93 |
| | 6 | – | – | – | – | 5.03 | 3.36 | – | – | – | – | 2.25 | 1.94 |
| | 7 | – | – | – | – | – | 4.10 | – | – | – | – | – | 1.96 |
| | 8 | – | – | – | – | – | 3.82 | – | – | – | – | – | 1.67 |
| Średnia liczba pełnych nasion w 1 szyszce (szt) | | | | | | | | Średnia liczba pustych nasion w 1 szyszce (szt) | | | | | |
| Average number of full seeds in 1 cone (piece) | | | | | | | | Average number of empty seeds in 1 cone (piece) | | | | | |
| Swierklaniec | A | 13 | 7 | 6 | 22 | 18 | 13 | 6 | 6 | 5 | 8 | 6 | 6 |
| | B | 16 | 9 | 6 | 17 | 26 | 28 | 12 | 8 | 4 | 6 | 3 | 4 |
| | C | 18 | – | – | 28 | – | – | 7 | – | – | 4 | – | – |
| | D | – | – | – | 7 | – | 15 | – | – | – | 1 | – | 5 |
| | E | – | – | – | – | – | 19 | – | – | – | – | – | 4 |
| | 1 | 19 | 9 | 12 | 15 | 13 | 8 | 4 | 5 | 3 | 5 | 4 | 7 |
| | 2 | 9 | 16 | 14 | 28 | 26 | 27 | 2 | 1 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| | 3 | 11 | 5 | 19 | 31 | 22 | 23 | 7 | 2 | 3 | 3 | 7 | 6 |
| | 4 | – | – | 17 | 30 | 15 | 20 | – | – | 3 | 3 | 2 | 12 |
| | 5 | – | – | 17 | – | – | 15 | – | – | 4 | – | – | 3 |
| Chojnow | 1 | 5 | 6 | 3 | 2 | 9 | 15 | 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 5 |
| | 2 | 9 | 5 | 28 | 13 | 20 | 7 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 14 | 12 | 6 | 7 | 23 | 12 | 2 | 2 | 2 | 3 | 7 | 5 |
| | 4 | 7 | 5 | 9 | 10 | 24 | 19 | 3 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| | 5 | 9 | – | 3 | 20 | 12 | 12 | 7 | – | 4 | 8 | 2 | 3 |
| | 6 | 11 | – | 5 | 9 | 17 | 17 | 11 | – | 7 | 5 | 2 | 2 |
| | 7 | – | – | 9 | 11 | – | 15 | – | – | 2 | 2 | – | 2 |
| | 8 | – | – | 6 | 4 | – | – | – | – | 4 | 1 | – | – |
| Garwolin | 1 | – | 4 | 6 | 16 | 9 | 17 | – | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| | 2 | – | 7 | 12 | 19 | 11 | 10 | – | 2 | 4 | 3 | 3 | 6 |
| | 3 | – | 6 | 13 | 18 | 19 | 18 | – | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| | 4 | – | 7 | 14 | 9 | 6 | 23 | – | 1 | 2 | 2 | 2 | 9 |
| | 5 | – | – | 17 | 9 | 14 | 8 | – | – | 6 | 5 | 3 | 6 |
| | 6 | – | – | 15 | 19 | 15 | 10 | – | – | 2 | 2 | 2 | 8 |
| | 7 | – | – | 7 | 5 | – | 9 | – | – | 3 | 1 | – | 7 |
| | 8 | – | – | 10 | 16 | – | 10 | – | – | 9 | 2 | – | 2 |
| Jedwabno | 1 | – | – | – | – | 5 | 8 | – | – | – | – | 3 | 4 |
| | 2 | – | – | – | – | 15 | 26 | – | – | – | – | 3 | 5 |
| | 3 | – | – | – | – | 17 | 17 | – | – | – | – | 3 | 2 |
| | 4 | – | – | – | – | 12 | 15 | – | – | – | – | 7 | 3 |
| | 5 | – | – | – | – | 16 | 17 | – | – | – | – | 3 | 6 |
| | 6 | – | – | – | – | 22 | 8 | – | – | – | – | 5 | 2 |
| | 7 | – | – | – | – | – | 16 | – | – | – | – | – | 3 |
| | 8 | – | – | – | – | – | 6 | – | – | – | – | – | 7 |
| Masa nasion pełnych z 50 szyszek | | | | | | | Odsetek nasion pustych | | | | | | |
| Yield of full seeds from 50 cones (g) | | | | | | | Percentage of empty seeds (%) | | | | | | |
| Świerklaniec | A | 4.28 | 3.29 | 1.99 | 6.37 | 5.17 | 4.22 | 16.08 | 13.65 | 21.34 | 16.95 | 10.76 | 13.04 |
| | B | 6.23 | 5.97 | 2.37 | 6.78 | 9.93 | 10.58 | 17.04 | 12.82 | 15.36 | 9.60 | 3.95 | 4.68 |
| | C | 6.84 | – | – | 9.62 | – | – | 11.63 | – | – | 3.99 | – | – |
| | D | – | – | – | 2.61 | – | 5.23 | – | – | – | 3.69 | – | 9.36 |
| | E | – | – | – | – | – | 5.20 | – | – | – | – | – | 7.22 |
| | 1 | 7.13 | 4.86 | 5.36 | 5.86 | 4.91 | 2.80 | 11.32 | 12.12 | 6.29 | 8.72 | 9.73 | 24.12 |
| | 2 | 3.36 | 4.99 | 5.47 | 9.79 | 8.46 | 10.35 | 8.94 | 1.77 | 8.22 | 4.95 | 5.62 | 4.33 |

Tabela 5 c.d.
Table 5 continued

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 3 | 4.30 | 3.51 | 6.53 | 11.11 | 7.72 | 9.21 | 18.10 | 6.90 | 3.40 | 2.97 | 11.19 | 9.42 |
| | 4 | - | - | 6.67 | 11.44 | 4.10 | 7.43 | - | - | 5.79 | 2.80 | 5.23 | 15.70 |
| | 5 | - | - | 6.91 | - | - | 6.30 | - | - | 5.73 | - | - | 4.91 |
| Chojnów | 1 | 1.67 | 2.31 | 1.18 | 0.77 | 3.97 | 5.52 | 13.47 | 10.12 | 14.49 | 16.30 | 13.69 | 8.46 |
| | 2 | 4.59 | 2.01 | 9.44 | 4.56 | 7.91 | 2.67 | 9.11 | 9.46 | 2.98 | 5.59 | 4.00 | 11.00 |
| | 3 | 5.60 | 4.50 | 1.81 | 3.19 | 12.48 | 3.95 | 5.88 | 4.46 | 8.58 | 12.02 | 6.94 | 12.18 |
| | 4 | 2.89 | 1.40 | 10.60 | 4.42 | 12.83 | 5.30 | 16.23 | 9.09 | 3.28 | 8.68 | 1.81 | 4.68 |
| | 5 | 3.60 | - | 5.23 | 10.95 | 4.60 | 3.51 | 15.69 | - | 8.57 | 8.90 | 4.56 | 7.99 |
| | 6 | 4.77 | - | 6.12 | 4.57 | 6.42 | 5.49 | 20.63 | - | 9.20 | 12.45 | 3.60 | 4.14 |
| | 7 | - | - | 6.69 | 3.53 | - | 4.99 | - | - | 2.33 | 18.66 | - | 4.87 |
| | 8 | - | - | 2.16 | 1.23 | - | - | - | - | 15.29 | 3.91 | - | - |
| Garwolin | 1 | - | 1.99 | 2.05 | 5.80 | 3.43 | 4.80 | - | 18.44 | 17.00 | 9.37 | 16.65 | 5.30 |
| | 2 | - | 2.87 | 4.39 | 5.21 | 4.57 | 3.66 | - | 6.82 | 10.04 | 5.44 | 7.72 | 16.76 |
| | 3 | - | 2.06 | 4.59 | 6.46 | 6.03 | 6.57 | - | 8.85 | 2.34 | 1.67 | 3.06 | 5.17 |
| | 4 | - | 2.79 | 4.10 | 3.76 | 2.78 | 6.87 | - | 5.10 | 4.65 | 4.81 | 11.13 | 11.16 |
| | 5 | - | - | 5.24 | 2.98 | 3.79 | 2.82 | - | - | 10.43 | 14.37 | 7.00 | 19.55 |
| | 6 | - | - | 5.90 | 8.72 | 5.72 | 3.31 | - | - | 3.12 | 3.00 | 3.24 | 22.98 |
| | 7 | - | - | 2.91 | 2.36 | - | 3.63 | - | - | 12.61 | 6.35 | - | 22.05 |
| | 8 | - | - | 4.24 | 6.50 | - | 4.18 | - | - | 8.22 | 3.70 | - | 6.80 |
| Jedwabno | 1 | - | - | - | - | 1.57 | 1.74 | - | - | - | - | 14.79 | 17.02 |
| | 2 | - | - | - | - | 4.75 | 6.67 | - | - | - | - | 6.14 | 5.27 |
| | 3 | - | - | - | - | 6.26 | 4.29 | - | - | - | - | 5.39 | 4.21 |
| | 4 | - | - | - | - | 2.80 | 4.43 | - | - | - | - | 19.48 | 7.36 |
| | 5 | - | - | - | - | 4.68 | 5.15 | - | - | - | - | 6.61 | 9.33 |
| | 6 | - | - | - | - | -9.43 | 2.43 | - | - | - | - | 7.94 | 4.70 |
| | 7 | - | - | - | - | - | 4.73 | - | - | - | - | - | 6.05 |
| | 8 | - | - | - | - | - | 1.60 | - | - | - | - | - | 26.27 |

Tabela 6

Table 6

Cechy nasion sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z powierzchni próbnych w latach 1988–1993

Features of seeds of Scotch Pine (*Pinus sylvestris* L.) on experimental plots in the years 1988-1993

| Pochodzenie (nadleśnictwo) Provenance (Forest Division) | Rok Year | Zarodek Bud seed | | Prabielfo Endosperm | | Masa 1000 nasion Yield of 1000 seeds g | Zdolność kiełkowa- nia Germina- tion power % |
|---|-------------|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--|---|
| | | średnia average mm | | | | | |
| | | długość length | szerokość width | długość length | szerokość width | | |
| Świerklaniec | 1988 | 3,52 | 0,50 | 3,77 | 1,95 | 7,7 | 96 |
| | 1989 | 3,49 | 0,48 | 3,66 | 1,90 | 6,9 | 90 |
| | 1990 | 3,11 | 0,51 | 3,48 | 2,01 | 7,8 | 97 |
| | 1991 | 3,19 | 0,50 | 3,48 | 1,95 | 7,2 | 73 |
| | 1992 | 2,80 | 0,49 | 3,18 | 1,86 | 6,7 | 99 |
| | 1993 | 2,98 | 0,50 | 3,26 | 1,86 | 7,3 | 89 |
| | \bar{x} | 3,18 | 0,50 | 3,47 | 1,92 | 7,3 | 91 |
| Chojnów | 1988 | 3,64 | 0,50 | 3,81 | 2,00 | 8,1 | 97 |
| | 1989 | 3,61 | 0,51 | 3,80 | 2,00 | 7,5 | 79 |
| | 1990 | 3,02 | 0,48 | 3,35 | 1,97 | 7,1 | 97 |
| | 1991 | 3,14 | 0,51 | 3,47 | 2,11 | 8,3 | 90 |
| | 1992 | 3,31 | 0,52 | 3,62 | 2,11 | 9,0 | 94 |
| | 1993 | 2,82 | 0,50 | 3,09 | 1,74 | 6,7 | 87 |
| | \bar{x} | 3,26 | 0,50 | 3,52 | 1,99 | 7,8 | 91 |
| Garwolin | 1989 | 3,63 | 0,52 | 3,91 | 1,97 | 7,8 | 94 |
| | 1990 | 3,39 | 0,52 | 3,62 | 1,95 | 7,2 | 97 |
| | 1991 | 3,10 | 0,55 | 3,43 | 2,03 | 7,7 | 98 |
| | 1992 | 3,08 | 0,53 | 3,38 | 2,03 | 7,7 | 97 |
| | 1993 | 2,98 | 0,51 | 3,23 | 1,74 | 7,0 | 98 |
| | \bar{x} | 3,24 | 0,53 | 3,51 | 1,94 | 7,5 | 97 |
| Jedwabno | 1992 | 2,90 | 0,50 | 3,17 | 1,84 | 6,6 | 96 |
| | 1993 | 2,71 | 0,47 | 2,98 | 1,61 | 5,4 | 95 |
| | \bar{x} | 2,80 | 0,49 | 3,08 | 1,73 | 6,0 | 96 |
| Przeciętna z 4 powierzchni Average from 4 plots | 1988 | 3,58 | 0,50 | 3,79 | 1,97 | 7,9 | 96 |
| | 1989 | 3,58 | 0,50 | 3,79 | 1,96 | 7,4 | 88 |
| | 1990 | 3,17 | 0,50 | 3,48 | 1,98 | 7,4 | 97 |
| | 1991 | 3,14 | 0,52 | 3,46 | 2,03 | 7,7 | 87 |
| | 1992 | 3,02 | 0,51 | 3,34 | 1,96 | 7,5 | 97 |
| | 1993 | 2,87 | 0,50 | 3,14 | 1,74 | 6,6 | 92 |
| | 1988–93 | 3,23 | 0,51 | 3,50 | 1,94 | 7,4 | 93 |

Tabela 7

Table 7

Wyniki analizy statystycznej różnych cech nasion dla powierzchni próbnych

Results of statistical analysis of different seed properties on experimental plots

| Przedmiot analizy Subject of analysis | Analiza wariancji Variance analyses | | Badanie istotności różnic pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej Research on significance of difference between averages arranged in turn from the highest to the lowest value |
|---|---|--------------|--|
| | źródło zmienności (powierzchnie -p lub lata -l) source of variation (plots -p or years -l) | P_{α} | |
| Zdolność kiełkowania Germination power | 4 p | 0,0004 | Garwolin Jedwabno Chojnów Świerklaniec |
| | 6 l | 0,0000 | 89 91 93 94 92 90 |
| Długość zarodka Length of bud seed | 4 p | 0,0100 | Garwolin Chojnów Świerklaniec Jedwabno |
| | 6 l | 0,0000 | 89 90 91 92 93 94 |
| Szerokość zarodka Width of bud seed | 4 p | 0,0105 | Garwolin Chojnów Świerklaniec Jedwabno |
| | 6 l | 0,3162 | 92 93 89 90 94 91 |
| Masa 1000 nasion Yield of 1000 seeds | 4 p | 0,0003 | Chojnów Garwolin Świerklaniec Jedwabno |
| | 6 l | 0,0438 | 89 93 92 90 91 94 |

*Oznaczenia jak w tabeli 2

*Designations as in the table 2

pustych, ale różnice pod względem udziału liczby nasion były znacznie mniejsze i istotność różnicy udowodniono tylko pomiędzy Świerklańcem (najwięcej) a Chojnowem (najmniej). Nie udowodniono natomiast istotności różnic w wydajności nasion z różnych lat.

Odmiennie tendencje od tych, które stwierdzono przy analizowaniu wydajności, wystąpiły w przypadku analizowania przeciętnej z 6 lat żywotności nasion (tab. 6). Największą żywotnością odznaczały się nasiona z Nadl. Garwolin, które różniły się istotnie pod względem zdolności kiełkowania od nasion z nadleśnictw Świerklaniec i Chojnów (tab. 7). Nasiona z Jedwabna zajmowały pod tym względem pośrednią pozycję. Zdolność kiełkowania w tym wypadku była tylko częściowo skorelowana z wymiarami zarodka. Wprawdzie zarodki nasion

z Nadl. Garwolin charakteryzowały się również największą długością i szerokością, ale w przeciwieństwie do zdolności kiełkowania nie różniły się one istotnie od wymiarów zarodków z nadl. Świerklaniec i Chojnów, różniły się natomiast istotnie od wymiarów zarodka z nadl. Jedwabno, które były najkrótsze i najcieńsze (tab. 6 i 7).

Pod względem masy 1000 sztuk najlżejsze okazały się nasiona z Nadl. Jedwabno, które różniły się istotnie od nasion z pozostałych 3 nadleśnictw (tab. 6 i 7).

Nie udowodniono istotności różnic, zarówno pomiędzy różnymi latami, jak i w przeciętnej z roku masie 1000 nasion.

Znacznie większe różnice pod względem jakości nasion niż te, które zostały stwierdzone między pochodzeniami, wystąpiły pomiędzy różnymi latami obradzenia. Udowodniono statystycznie, że te nasiona, które wykształciły się w latach 1988, 1990 i 1992 odznaczały się istotnie większą zdolnością kiełkowania od nasion z lat 1989 i 1991, a nasiona z 1993 r. zajmowały pod tym względem pośrednią pozycję. Nasiona ze wszystkich 6 lat nie różniły się istotnie szerokością zarodka. Natomiast długość zarodka u nasion wykształconych w latach 1988 i 1989 była istotnie większa niż u nasion wykształconych w latach 1990 i 1991, która z kolei była większa niż u nasion z 1993. Nasiona z 1992 r. zajmowały pod tym względem pośrednią pozycję między nasionami z 1990 i 1991 r. (tab. 6 i 7).

Właśnie słabsza żywotność nasion z 1989, 1991 i 1993 r. spowodowała zmniejszenie przeciętnej zdolności kiełkowania nasion z nadleśnictw Świerklaniec i Chojnów, obliczonej jako średnia arytmetyczna z 6 lat. Nadmierne obniżenie żywotności nasion w Nadl. Świerklaniec wystąpiło szczególnie w sezonie 1991/92, a w Nadl. Chojnów w sezonie 1989/90.

W sezonie 1991/92, będącym jednym z dwóch najgorszych pod względem żywotności nasion (tab. 8), na powierzchni w Nadl. Świerklaniec wyróżniono 3 grupy drzew z nasionami o bardzo zróżnicowanej żywotności: 2 drzewa o zdolności kiełkowania 98%, 3 drzewa o zdolności kiełkowania od 73 do 83% i 3 drzewa o zdolności kiełkowania od 42 do 56%. Analiza wariancyjna udowodniła istotność różnic w zdolności kiełkowania pomiędzy wszystkimi 3 grupami drzew (tab. 9). W pozostałych dwóch nadleśnictwach różnice w żywotności nasion były w tym roku znacznie mniejsze, choć ich istotności również zostały udowodnione statystycznie. Udowodniono, że najlepsze pod względem zdolności kiełkowania nasion (98, 97, 97, 96, 94 i 93%) 6 drzew z Nadl. Chojnów różniło się istotnie od 2 pozostałych (oba po 72%). Natomiast w Nadleśnictwie Garwolin, o największej zdolności kiełkowania nasion, u wszystkich 8 drzew w 1991/92 r. udowodniono istotność różnic w zdolności kiełkowania pomiędzy najlepszym drzewem (100 %) a 2 najgorszymi (po 95%).

Z kolei sezon 1989/90, również o osłabionej żywotności nasion, odznaczał się zarazem bardzo małym odsetkiem obradzających drzew w drzewostanie. Z tego powodu na wszystkich powierzchniach próbnych udało się w tym sezonie zebrać

Tabela 8
Table 8

Cechy nasion sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.) w latach 1988–93, dla pojedynczych drzew
Features of seeds of Scotch Pine (*Pinus sylvestris*) individual trees in the years 1988-1993

| Pochodzenie (nadleśnictwo) Provenance (Forest Division) | Drzewo Tree | Lata Years | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|---|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| | | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1988 | 1989 | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 |
| | | Długość zarodka Length of bud seed (mm) | | | | | | Szerokość zarodka Width of bud seed (mm) | | | | | |
| Świerklaniec | A | 2.89 | 3.49 | 2.95 | 2.99 | 2.71 | 2.85 | 0.43 | 0.45 | 0.44 | 0.47 | 0.47 | 0.44 |
| | B | 3.46 | 3.59 | 3.27 | 3.36 | 3.07 | 3.12 | 0.55 | 0.50 | 0.56 | 0.54 | 0.56 | 0.51 |
| | C | 3.96 | – | – | 3.19 | – | – | 0.48 | – | – | 0.47 | – | – |
| | D | – | – | – | 3.29 | – | 3.09 | – | – | – | 0.53 | – | 0.51 |
| | E | – | – | – | – | – | 2.77 | – | – | – | – | – | 0.51 |
| | 1 | 3.71 | 3.35 | 3.28 | 2.89 | 2.71 | 2.85 | 0.55 | 0.50 | 0.57 | 0.48 | 0.50 | 0.49 |
| | 2 | 3.38 | 3.21 | 2.97 | 3.28 | 2.78 | 2.98 | 0.52 | 0.45 | 0.49 | 0.50 | 0.51 | 0.54 |
| | 3 | 3.74 | 3.80 | 3.00 | 3.24 | 2.93 | 3.07 | 0.49 | 0.52 | 0.46 | 0.53 | 0.50 | 0.50 |
| | 4 | – | – | 2.94 | 3.24 | 2.62 | 3.16 | – | – | 0.47 | 0.48 | 0.42 | 0.50 |
| | 5 | – | – | 3.34 | – | – | 2.94 | – | – | 0.61 | – | – | 0.52 |
| Chojnów | 1 | 3.45 | 3.81 | 3.04 | 3.30 | 3.30 | 2.92 | 0.46 | 0.56 | 0.50 | 0.48 | 0.52 | 0.55 |
| | 2 | 3.59 | 3.65 | 3.04 | 3.04 | 3.18 | 2.94 | 0.50 | 0.50 | 0.48 | 0.50 | 0.52 | 0.52 |
| | 3 | 3.77 | 3.49 | 2.80 | 3.09 | 3.38 | 2.71 | 0.47 | 0.51 | 0.43 | 0.52 | 0.57 | 0.48 |
| | 4 | 3.75 | 3.47 | 3.05 | 3.03 | 3.80 | 2.58 | 0.54 | 0.47 | 0.42 | 0.50 | 0.57 | 0.48 |
| | 5 | 3.70 | – | 3.10 | 3.55 | 3.11 | 2.69 | 0.48 | – | 0.52 | 0.58 | 0.45 | 0.49 |
| | 6 | 3.58 | – | 3.11 | 3.47 | 3.10 | 2.89 | 0.57 | – | 0.49 | 0.56 | 0.49 | 0.51 |
| | 7 | – | – | 2.94 | 2.71 | – | 3.01 | – | – | 0.52 | 0.50 | – | 0.49 |
| | 8 | – | – | 3.06 | 2.96 | – | – | – | – | 0.51 | 0.47 | – | – |
| Garwolin | 1 | – | 3.71 | 2.81 | 2.98 | 3.18 | 2.86 | – | 0.56 | 0.53 | 0.56 | 0.55 | 0.47 |
| | 2 | – | 3.76 | 3.57 | 2.71 | 3.23 | 2.93 | – | 0.53 | 0.52 | 0.50 | 0.54 | 0.51 |
| | 3 | – | 3.59 | 3.37 | 2.92 | 2.97 | 2.96 | – | 0.48 | 0.45 | 0.53 | 0.51 | 0.51 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|------|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| | 4 | – | 3.46 | 3.30 | 3.25 | 3.42 | 2.77 | – | 0.49 | 0.59 | 0.56 | 0.57 | 0.49 |
| | 5 | – | – | 3.51 | 2.91 | 2.66 | 2.96 | – | – | 0.50 | 0.55 | 0.45 | 0.51 |
| | 6 | – | – | 3.69 | 3.47 | 3.04 | 3.10 | – | – | 0.56 | 0.58 | 0.55 | 0.51 |
| | 7 | – | – | 3.80 | 3.24 | – | 3.09 | – | – | 0.51 | 0.59 | – | 0.53 |
| | 8 | – | – | 3.05 | 3.28 | – | 3.13 | – | – | 0.52 | 0.53 | – | 0.53 |
| Jedwabno | 1 | – | – | – | – | 2.72 | 2.48 | – | – | – | – | 0.53 | 0.45 |
| | 2 | – | – | – | – | 2.95 | 2.74 | – | – | – | – | 0.51 | 0.47 |
| | 3 | – | – | – | – | 3.04 | 2.60 | – | – | – | – | 0.48 | 0.46 |
| | 4 | – | – | – | – | 2.54 | 2.78 | – | – | – | – | 0.42 | 0.47 |
| | 5 | – | – | – | – | 3.12 | 2.84 | – | – | – | – | 0.51 | 0.48 |
| | 6 | – | – | – | – | 3.04 | 2.74 | – | – | – | – | 0.55 | 0.45 |
| | 7 | – | – | – | – | – | 2.66 | – | – | – | – | – | 0.50 |
| | 8 | – | – | – | – | – | 2.87 | – | – | – | – | – | 0.48 |
| Długość prąbielma Length of endosperm (mm) | | | | | | | | Szerokość prąbielma Width of endosperm (mm) | | | | | |
| Świerklaniec | A | 3.30 | 3.68 | 3.34 | 3.31 | 3.13 | 3.11 | 1.88 | 1.79 | 1.84 | 1.80 | 1.69 | 1.68 |
| | B | 3.73 | 3.78 | 3.71 | 3.63 | 3.41 | 3.37 | 2.02 | 1.91 | 2.03 | 2.00 | 1.99 | 1.82 |
| | C | 4.21 | – | – | 3.51 | – | – | 1.94 | – | – | 1.87 | – | – |
| | D | – | – | – | 3.55 | – | 3.41 | – | – | – | 1.93 | – | 1.87 |
| | E | – | – | – | – | – | 3.00 | – | – | – | – | – | 1.75 |
| | 1 | 3.90 | 3.50 | 3.64 | 3.25 | 3.09 | 3.13 | 1.95 | 1.92 | 2.18 | 2.13 | 2.04 | 2.01 |
| | 2 | 3.54 | 3.38 | 3.26 | 3.52 | 3.13 | 3.25 | 2.11 | 1.79 | 2.11 | 1.90 | 1.84 | 1.86 |
| | 3 | 3.94 | 3.96 | 3.31 | 3.55 | 3.34 | 3.33 | 1.79 | 2.07 | 1.92 | 2.01 | 1.83 | 2.04 |
| | 4 | – | – | 3.35 | 3.51 | 2.95 | 3.44 | – | – | 1.98 | 1.99 | 1.77 | 1.79 |
| | 5 | – | – | 3.73 | – | – | 3.33 | – | – | 2.03 | – | – | 1.95 |
| Chojnów | 1 | 3.59 | 3.98 | 3.40 | 3.67 | 3.62 | 3.19 | 1.95 | 2.19 | 2.08 | 1.99 | 2.18 | 1.87 |
| | 2 | 3.75 | 3.83 | 3.31 | 3.34 | 3.47 | 3.23 | 2.01 | 2.00 | 1.97 | 2.02 | 2.04 | 1.89 |
| | 3 | 3.94 | 3.71 | 3.15 | 3.45 | 3.68 | 2.99 | 1.93 | 1.99 | 1.87 | 2.29 | 2.29 | 1.66 |
| | 4 | 3.90 | 3.66 | 3.33 | 3.27 | 4.09 | 2.84 | 2.03 | 1.82 | 1.93 | 2.21 | 2.26 | 1.60 |
| | 5 | 3.92 | – | 3.54 | 3.91 | 3.46 | 2.93 | 1.88 | – | 2.00 | 2.39 | 1.95 | 1.63 |
| | 6 | 3.77 | – | 3.53 | 3.80 | 3.42 | 3.19 | 2.21 | – | 1.97 | 2.23 | 1.94 | 1.75 |

Tabela 8 c.d.
Table 8 continued

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----|------|------|------|------|------|--|------|------|------|------|------|
| | 7 | - | - | 3.19 | 3.00 | - | 3.28 | - | - | 2.02 | 1.88 | - | 1.81 |
| | 8 | - | - | 3.34 | 3.28 | - | - | - | - | 1.88 | 1.86 | - | - |
| Garwolin | 1 | - | 4.02 | 3.19 | 3.36 | 3.51 | 3.08 | - | 2.09 | 1.97 | 2.11 | 2.10 | 1.61 |
| | 2 | - | 4.03 | 3.73 | 2.97 | 3.53 | 3.16 | - | 2.02 | 2.00 | 1.81 | 2.11 | 1.70 |
| | 3 | - | 3.85 | 3.51 | 3.26 | 3.26 | 3.23 | - | 1.79 | 1.84 | 1.88 | 1.89 | 1.76 |
| | 4 | - | 3.73 | 3.47 | 3.63 | 3.72 | 3.00 | - | 1.97 | 1.96 | 2.11 | 2.14 | 1.72 |
| | 5 | - | - | 3.71 | 3.29 | 2.95 | 3.22 | - | - | 1.81 | 1.96 | 1.91 | 1.72 |
| | 6 | - | - | 3.90 | 3.78 | 3.29 | 3.37 | - | - | 2.10 | 2.13 | 2.04 | 1.72 |
| | 7 | - | - | 4.03 | 3.51 | - | 3.39 | - | - | 1.94 | 2.15 | - | 1.82 |
| | 8 | - | - | 3.42 | 3.65 | - | 3.38 | - | - | 1.96 | 2.10 | - | 1.83 |
| Jedwabno | 1 | - | - | - | - | 3.00 | 2.74 | - | - | - | - | 1.72 | 1.44 |
| | 2 | - | - | - | - | 3.22 | 3.01 | - | - | - | - | 1.79 | 1.63 |
| | 3 | - | - | - | - | 3.31 | 2.88 | - | - | - | - | 1.96 | 1.53 |
| | 4 | - | - | - | - | 2.80 | 3.05 | - | - | - | - | 1.71 | 1.59 |
| | 5 | - | - | - | - | 3.39 | 3.12 | - | - | - | - | 1.80 | 1.71 |
| | 6 | - | - | - | - | 3.31 | 2.98 | - | - | - | - | 2.07 | 1.70 |
| | 7 | - | - | - | - | - | 2.90 | - | - | - | - | - | 1.72 |
| | 8 | - | - | - | - | - | 3.14 | - | - | - | - | - | 1.59 |
| Masa 1000 szt nasion Yield of 1000 seeds (g) | | | | | | | | Zdolność kiełkowania Germination power (%) | | | | | |
| Świerklaniec | A | 6.8 | 5.9 | 6.7 | 5.9 | 5.9 | 6.4 | 94 | 89 | 95 | 73 | 98 | 92 |
| | B | 7.7 | 7.0 | 7.9 | 8.0 | 7.6 | 7.7 | 99 | 94 | 99 | 83 | 99 | 94 |
| | C | 7.5 | - | - | 6.8 | - | - | 97 | - | - | 42 | - | - |
| | D | - | - | - | 7.3 | - | 7.0 | - | - | - | 98 | - | 88 |
| | E | - | - | - | - | - | 5.6 | - | - | - | - | - | 81 |
| | 1 | 9.1 | 7.5 | 8.9 | 7.6 | 7.5 | 7.3 | 99 | 81 | 99 | 77 | 98 | 90 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---|-----|-----|-----|------|------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|
| | 2 | 7.6 | 4.9 | 7.9 | 7.0 | 6.7 | 7.6 | 88 | 99 | 94 | 54 | 99 | 91 |
| | 3 | 7.6 | 9.3 | 6.9 | 7.3 | 6.9 | 8.1 | 99 | 85 | 98 | 56 | 99 | 94 |
| | 4 | - | - | 7.9 | 7.6 | 5.7 | 7.5 | - | - | 97 | 98 | 98 | 92 |
| | 5 | - | - | 8.3 | - | - | 8.1 | - | - | 97 | - | - | 82 |
| Chojnów | 1 | 6.6 | 8.4 | 7.5 | 8.1 | 9.1 | 7.5 | 96 | 99 | 96 | 98 | 99 | 89 |
| | 2 | 9.2 | 7.8 | 6.6 | 7.1 | 8.0 | 7.8 | 96 | 87 | 100 | 96 | 87 | 95 |
| | 3 | 8.1 | 7.6 | 6.1 | 9.3 | 10.7 | 6.6 | 98 | 92 | 97 | 72 | 99 | 90 |
| | 4 | 8.4 | 6.0 | 7.2 | 8.6 | 11.2 | 5.9 | 97 | 38 | 98 | 97 | 99 | 75 |
| | 5 | 7.8 | - | 7.9 | 11.1 | 7.5 | 6.3 | 98 | - | 97 | 94 | 81 | 95 |
| | 6 | 8.6 | - | 8.1 | 10.0 | 7.6 | 6.5 | 98 | - | 97 | 72 | 100 | 89 |
| | 7 | - | - | 7.0 | 5.7 | - | 6.4 | - | - | 99 | 97 | - | 79 |
| | 8 | - | - | 6.5 | 6.4 | - | - | - | - | 95 | 93 | - | - |
| Garwolin | 1 | - | 8.1 | 6.8 | 7.4 | 8.3 | 5.5 | - | 93 | 97 | 99 | 99 | 99 |
| | 2 | - | 8.7 | 7.6 | 5.5 | 8.3 | 7.0 | - | 95 | 100 | 100 | 96 | 96 |
| | 3 | - | 6.6 | 7.0 | 7.1 | 6.4 | 7.2 | - | 96 | 98 | 99 | 100 | 98 |
| | 4 | - | 7.7 | 6.1 | 8.3 | 9.7 | 6.1 | - | 93 | 95 | 95 | 92 | 99 |
| | 5 | - | - | 6.2 | 6.6 | 5.7 | 6.7 | - | - | 98 | 98 | 96 | 97 |
| | 6 | - | - | 7.9 | 9.4 | 7.5 | 6.8 | - | - | 99 | 97 | 100 | 97 |
| | 7 | - | - | 8.0 | 8.7 | - | 8.3 | - | - | 97 | 95 | - | 99 |
| | 8 | - | - | 8.2 | 8.3 | - | 8.5 | - | - | 93 | 98 | - | 99 |
| Jedwabno | 1 | - | - | - | - | 5.8 | 4.4 | - | - | - | - | 98 | 97 |
| | 2 | - | - | - | - | 7.6 | 5.2 | - | - | - | - | 97 | 95 |
| | 3 | - | - | - | - | 7.2 | 5.1 | - | - | - | - | 96 | 94 |
| | 4 | - | - | - | - | 4.7 | 6.1 | - | - | - | - | 88 | 95 |
| | 5 | - | - | - | - | 6.0 | 6.1 | - | - | - | - | 97 | 99 |
| | 6 | - | - | - | - | 8.3 | 5.2 | - | - | - | - | 97 | 99 |
| | 7 | - | - | - | - | - | 6.0 | - | - | - | - | - | 85 |
| | 8 | - | - | - | - | - | 5.3 | - | - | - | - | - | 98 |

Tabela 9
Table 9Wyniki analizy statystycznej zdolności kiełkowania nasion z pojedynczych drzew
Results of the statistical analysis of seed power germination individual trees

| Rok Year | Analiza wariancji Variance analysis | | Badanie istotności różnic pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej** Research of significance of difference between averages arranged in turn from highest to the lowest value** |
|-------------|--|----------------|--|
| | źródło zmienności source of variation | p_{α}^* | |
| 1989 | 13 drzew | 0.0000 | |
| 1991 | 24 drzewa | 0.0000 | |

*Objaśnienia jak w tabeli 2.

*Designation as in the table 2.

**kreskami połączono drzewa, których średnie nie różnią się istotnie między sobą. Pierwsze litery oznaczają pochodzenie (Ś – Świerklaniec, Ch – Chojnów, G – Garwolin), a drugi człon symbol lub numer drzewa.

**trees connected with lines have averages values which do not differ significantly between each other. First letters mean provenance: Ś – Świerklaniec, Ch – Chojnów, G – Garwolin; element means symbol or number of tree.

Tabela 10

Table 10

Wyniki analizy statystycznej różnych cech szyszek i nasion dla drzew A i B z Nadleśnictwa Świerklaniec

Results of statistical analysis of different features of cones and seeds for trees A and B from the Świerklaniec Forest Inspectorate

| Przedmiot analizy Subject of analysis | Analiza wariancji Variance analyses | | Badanie istotności różnic pomiędzy średnimi uszeregowanymi od największej do najmniejszej* Research on significance difference between averages arranged in turn from the highest to the lowest value* |
|---|--|-------------|---|
| | źródło zmienności (drzewo - d lub lata - l) source of the variation (tree - d or years - l) | $p\alpha^*$ | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Masa 50 szyszek Yield of 50 cones | 2 d | 0,0009 | _____ B _____ A |
| | 6 l | 0,0327 | _____ 93 90 92 _____ 91 89 94 |
| Długość szyszek Length of cones | 2 d | 0,0003 | _____ B _____ A |
| | 6 l | 0,0225 | _____ 92 94 93 _____ 89 91 90 |
| Szerokość szyszek Width of cones | 2 d | 0,0029 | _____ B _____ A |
| | 6 l | 0,0174 | _____ 92 93 94 _____ 89 91 90 |
| Wydajność nasion z szyszek Productivity of seeds from cones | 2 d | 0,3630 | _____ B _____ A |
| | 6 l | 0,0203 | _____ 94 93 90 _____ 89 92 91 |
| Udział nasion pustych Share of empty seeds | 2 d | 1,0000 | _____ A _____ B |
| | 6 | 0,4025 | _____ 89 92 90 _____ 94 93 91 |
| Liczba nasion pełnych w 1 szyszce No of full seeds in 1 cone | 2 d | 0,1828 | _____ B _____ A |
| | 6 l | 0,0354 | _____ 93 94 92 _____ 89 90 91 |

Tabela 10 c.d.
Table 10 continued

| 1 | 2 | 3 | 4 | | | | | |
|---|-----|--------|-------|----|-------|----|----|----|
| Masa 1000 nasion Yield of 1000 seeds | 2 d | 0,0006 | _____ | | _____ | | | |
| | | | B | A | | | | |
| | 6 l | 0,2152 | _____ | | | | | |
| | | | 91 | 89 | 94 | 92 | 93 | 90 |
| Zdolność kiełkowania Germination power | 2 d | 0,0038 | _____ | | _____ | | | |
| | | | B | A | | | | |
| | 6 l | 0,0007 | _____ | | | | | |
| | | | 93 | 94 | 89 | 90 | 91 | 92 |

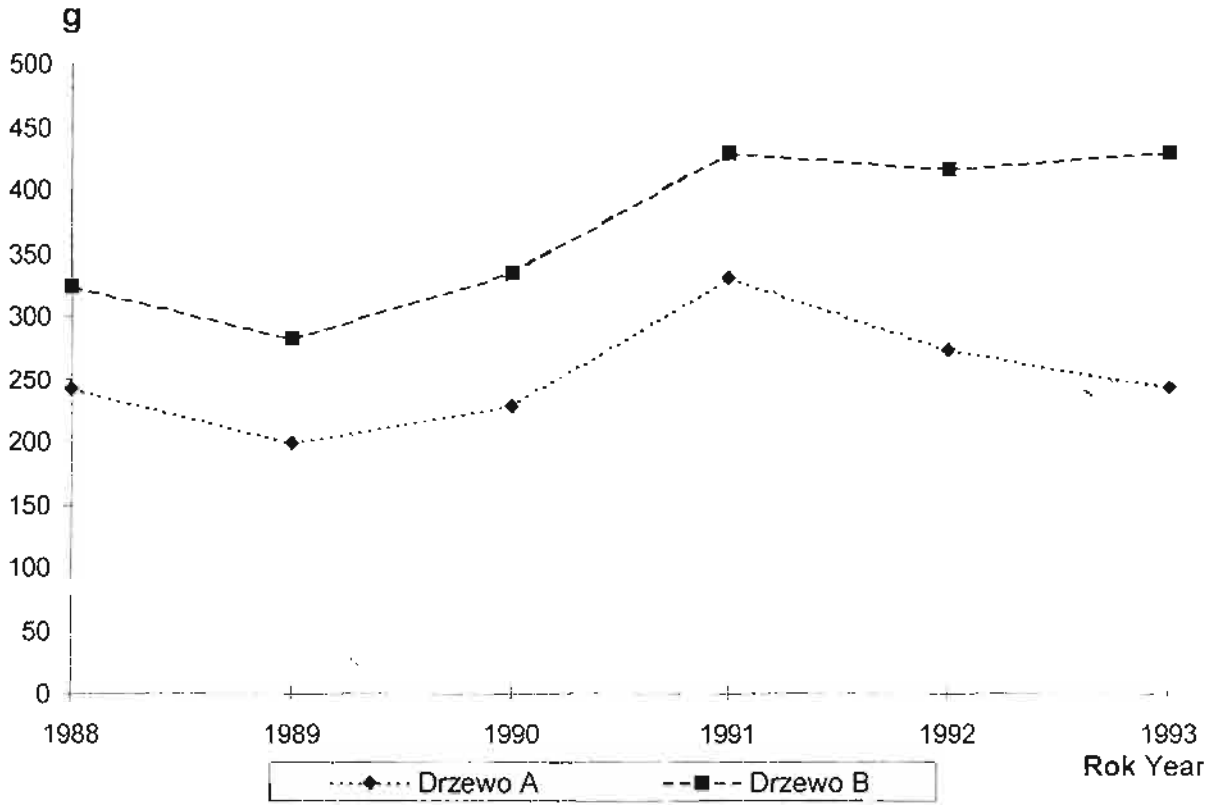
*Oznaczenia jak w tabeli 7

*Designations as in the table 7

szyszki z bardzo małej liczby drzew (od 4 do 5). Największe różnice w żywotności nasion stwierdzono wśród drzew z Nadl. Chojnów (tab. 8 i 9), w którym drzewo najlepsze pod względem zdolności kiełkowania (99%) różniło się istotnie od 2 drzew pośrednich (92 i 87%), a te z kolei istotnie od drzewa najgorszego (38%). W Nadl. Świerklaniec dwa drzewa najlepsze pod względem zdolności kiełkowania nasion (99 i 94%) wśród 5 badanych, różniły się istotnie od najgorszego (81%), natomiast w Nadl. Garwolin nie udowodniono istotności różnic w bardziej wyrównanej, wysokiej żywotności nasion wszystkich 4 drzew (od 93 do 96%).

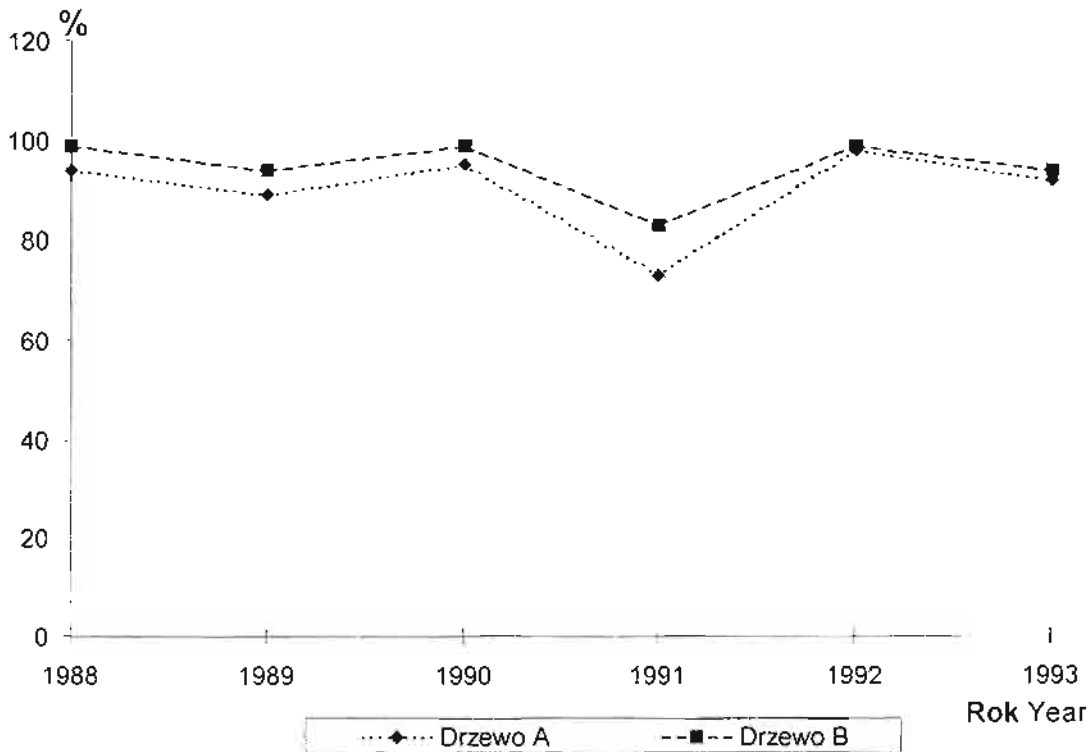
Podsumowując obserwacje poczynione na 3 powierzchniach, w sezonach 1989/90 i 1991/92 można stwierdzić, że niekorzystne warunki związane z różnymi latami obradzania wpływają negatywnie na żywotność nasion tylko niektórych drzew i nie we wszystkich regionach kraju w jednakowym stopniu.

Wpływ indywidualnych cech drzewa i warunków panujących w różnych latach na wydajność obradzania i jakość nasion można dokładnie prześledzić na przykładzie 2 tych samych drzew (A i B) w Nadl. Świerklaniec, z których udało się corocznie pozyskiwać szyszki w ciągu 6 kolejnych lat (tab. 5 i 8). Obydwa drzewa różniły się istotnie pod względem przeciętnej masy (ryc. 4) i wymiarów szyszek, udziału nasion pełnych w szyszce i masy 1000 nasion oraz w przeciętnej zdolności kiełkowania nasion (tab. 10). Nie udowodniono natomiast niewielkich różnic w procentowym udziale nasion pustych i w wydajności nasion z szyszek pozyskiwanych z obydwu drzew. Drzewo B wykształcało przez 6 lat nasiona o większej zdolności i energii kiełkowania niż drzewo A (ryc. 5), a różnice między tymi drzewami powiększały się w latach niekorzystnych dla jakości (1991 i 1989).



Ryc. 4. Masa 50 szyszek sosny pozyskanych z drzew A i B w Nadleśnictwie Świerklaniec w latach 1988-93

Fig. 4. Yield of 50 cones of pine taken from A and B trees in the Świerklaniec Forestry Management in the years 1988-93



Ryc. 5. Zdolność kiełkowania nasion sosny pozyskanych z drzew A i B w Nadleśnictwie Świerklaniec w latach 1988-1993

Fig. 5. Germination power of pine seeds taken from A and B trees in the Świerklaniec Forestry Management in the years 1988-93

O dużym wpływie warunków atmosferycznych na jakość obradzania nasion świadczy udowodniona istotność różnic pomiędzy różnymi latami pod względem wszystkich porównywanych aspektów obradzania dwóch tych samych drzew.

6. PODSUMOWANIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Przeprowadzone w ujęciu wieloaspektowym badania nad jakością obradzania sosny i świerka w Polsce wskazują na duży wpływ zmiennych warunków środowiska w różnych latach obradzania (GOZDALIK, ZAŁĘSKI 1995). Zdecydowanie większy wpływ na jakość obradzania wywierają warunki związane z różnymi latami niż z różnymi regionami kraju. Duże obniżenie żywotności nasion sosny, jakie miało miejsce 1986/87 i nieco mniejsze – w sezonie 1991/92, dotyczyło w zasadzie obszaru całego kraju z tym, że w niektórych regionach zjawisko to ulegało szczególnemu nasileniu. W sezonie 1986/87 najbardziej dotknęło ono regiony będące pod silnym oddziaływaniem emisji przemysłowych, a w sezonie 1991/92 wystąpiło w całej Polsce. Może to wskazywać na inny rodzaj niekorzystnych czynników środowiska oddziałujących w tych sezonach.

Na powierzchniach próbnym IBL obniżenie jakości nasion u niektórych drzew w sezonie 1991/92 stwierdzono zarówno w Nadl. Świerklaniec, uważanym za teren będący pod silnym oddziaływaniem emisji przemysłowych, jak również na terenie Nadl. Chojnów, uważanym za mniej skażony zanieczyszczeniami przemysłowymi.

Zmniejszenie żywotności nasion w różnych latach związane było również z różnymi ich cechami. W sezonie 1986/87 zmniejszenie zdolności i energii kiełkowania różnych próbek nasion sosny związane było np. z wyraźnym zmniejszeniem przeciętnej szerokości zarodka w próbce, odbiegającej znacznie od wieloletnich standardów krajowych. Natomiast w sezonie 1991/92 zależności takich nie stwierdzono i wielkości zarodków nie odbiegały od wartości standardowych.

Wśród wielu rozpatrywanych aspektów obradzania sosny zmienne warunki środowiska, związane z rokiem obradzania i regionem kraju, w największym stopniu wpływają na zmiany w żywotności nasion (ich zdolność i energię kiełkowania). Niewielkie różnice w zdolności kiełkowania pyłku pomiędzy różnymi latami, brak istotnych różnic w zdolności kiełkowania pyłku sosny zbieranego w różnych regionach kraju oraz niewielkie różnice w wydajności nasion z szyszek i w udziale liczby nasion pustych świadczą o znacznie mniejszym wpływie zmiennych warunków środowiska na żywotność pyłku i proces zapylenia.

Niekorzystne czynniki środowiska, występujące w różnych latach obradzania i różnych regionach, wpływają negatywnie na żywotność nasion tylko niektórych drzew. Świadczą o tym liczne przykłady występowania na tych samych powierzchniach próbnym drzew wykształcających nasiona o zdolności kiełkowania

ok. 100% obok drzew wykształcających w tym samym roku nasiona o zdolności kiełkowania ok. 50%. Było to często nie związane bezpośrednio z proporcjami w wewnętrznej budowie nasion i z bezwzględną wielkością zarodków. W takim przypadku należy się domyślać raczej zmian zachodzących w stanie fizjologicznym nasion.

Wyniki obserwacji uzyskanych z odległych od siebie regionów kraju wskazują na to, że w warunkach terenowych wpływ szkodliwych gazów i pyłów na różne aspekty obradzania drzew (wielkość szyszek, żywotność pyłku, efektywność zapylenia i jakość nasion) jest mniejszy od tego, jaki był udowodniony w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych lub na małych powierzchniach zlokalizowanych w strefie otaczającej zakłady przemysłowe (PODZOROV 1965; MRKVA 1969; MAMAJEV, ŠKARLET 1971, 1972; JURASEK i in. 1982). Związane jest to prawdopodobnie z interakcją zachodzącą pomiędzy zanieczyszczeniami przemysłowymi a warunkami atmosferycznymi zależnymi od lat obra

dzania oraz warunkami siedliskowymi. Na podstawie tych obserwacji można również stwierdzić, że obniżenie jakości nasion na terenach będących pod silnym wpływem emisji przemysłowych nie ma charakteru ciągłego, a występuje tylko incydentalnie w niektórych latach. Na terenach tych obserwuje się tylko większą częstotliwość obniżania się żywotności nasion, zależnej od wystąpienia jeszcze innych niekorzystnych czynników (np. niesprzyjających warunków atmosferycznych).

Zależność jakości nasion od warunków panujących w różnych latach obradzania i regionach kraju uzasadnia ograniczanie zbioru szyszek sosny tylko do tych lat, w których nasiona mają wysoką wartość użytkową, sprawdzoną pod względem wielu aspektów. Pożądane jest więc testowanie szyszek i nasion przed zbiorem, prowadzone na zasadach monitoringu wybranych regionów kraju. Dla próbek szyszek, przysyłanych corocznie w październiku i listopadzie, w laboratoriach oceny nasion powinny być prowadzone kompleksowe badania obejmujące ocenę: wydajności nasion z szyszek, zdolności i energii kiełkowania nasion, rozwoju i wymiarów zarodka (określonych na podstawie zdjęć rentgenowskich) oraz odporności na testy przyspieszonego starzenia nasion. Obserwacje takie przyczynią się niewątpliwie do podejmowania właściwych decyzji gospodarczych co do celowości zbioru i przeznaczania nasion do długoterminowego przechowywania. Bardzo pożyteczne może się przy tym okazać porównywanie wymiarów zarodka i prabielma w nasionach sosny z wieloletnimi standardami opracowanymi przez IBL w ramach niniejszego zadania.

Dla zmniejszenia kosztów takiego monitoringu, badania mogą być prowadzone dla próbek szyszek sosny i świerka przysyłanych z nadleśnictw wytypowanych przez Dyрекcję Generalną LP, IBL i Regionalne Dyрекcje LP w różnych regionach kraju. Monitoring powinien obejmować co najmniej 40 nadleśnictw z RDLP: Wrocław, Katowice, Warszawa, Białystok, Toruń, Poznań, Szczecin i Lublin.

7. WNIOSKI

1. Zjawisko pozyskiwania w niektórych regionach kraju nasion sosny gorszej jakości nie ma charakteru stałego i jest zależne od zmiennych warunków atmosferycznych panujących w różnych latach obradzenia.

2. Wpływ niekorzystnych czynników środowiska przejawia się przede wszystkim w obniżonej żywotności nasion, natomiast jest mniej wyraźny w przypadku innych aspektów obradzenia, takich jak żywotność pyłku, udział nasion pustych i wydajność nasion pełnych z szyszek.

3. Obniżenie jakości nasion w różnych latach i regionach przejawia się nie tylko w zmniejszonej energii i zdolności kiełkowania, ale również w niepełnym rozwoju zarodka i zmniejszeniu jego wymiarów.

4. Niekorzystne oddziaływanie różnych czynników środowiska (warunki pogodowe, zanieczyszczenia przemysłowe) wpływa na zmniejszenie się żywotności nasion tylko w przypadku niektórych drzew; reakcja drzew na te czynniki w bardzo dużym stopniu jest wynikiem ich zmienności indywidualnej.

5. Nie ma podstaw, aby twierdzić, że w regionach będących pod silnym wpływem emisji przemysłowych następuje ciągle obniżanie jakości nasion; w regionach tych w ciągu dłuższego okresu można tylko zaobserwować zwiększenie się częstotliwości lat z nasionami o nadmiernie zmniejszonej zdolności kiełkowania.

6. W celu uniknięcia dużych strat finansowych, związanych ze zbiorem i łuszczeniem niepełnowartościowego surowca w latach o obniżonej jakości nasion, potrzebny jest system testowania szyszek sosny przed zbiorem. System taki powinien mieć charakter monitoringu biologicznego, obejmującego swym zasięgiem wybrane regiony Polski.

7. Testowanie szyszek przed zbiorem, prowadzone w październiku i listopadzie, powinno obejmować takie aspekty oceny jak: wydajność nasion z szyszek, zdolność i energię kiełkowania, stopień rozwoju i wymiary zarodka oraz reakcję nasion na testy przyspieszonego starzenia.

8. Istotny wpływ, jaki na obradzenie drzew i jakość nasion wywierają warunki środowiska, wskazuje na celowość pozyskiwania w różnych regionach kraju nasion sosny tylko w wybranych latach, sprawdzonych wcześniej pod względem jakości wykształcających się w nich nasion.

VITALITY OF POLLEN AND SEEDS OF SCOTCH PINE FROM DIFFERENT ZONES OF INDUSTRIAL POLLUTION

Summary

The results of the 6 years experiments carried out in the distant from each other regions with differentiation of air pollution concentration indicated that the influence of harmful gases and dust on different aspects of tree fructification (including vitality of pollen, efficiency of pollination, dimension of cones and quality of seeds) in field conditions is less visible than proved influence in the laboratory conditions or on small plots situated in surrounding zone of industrial plants.

It is probably connected with interaction between industrial air pollution and atmospheric conditions in different years of fructification and site conditions. Based on the carried out observations it was stated that decreasing in seed quality in the regions under industrial emission influence has not permanent character but occurs only incidentally in some years on single trees. On these areas the greater frequency of decreasing vitality in seeds and pollen from single trees was noticed, particularly in the years with unfavourable atmospheric conditions.

(Transl. T O.)

PIŚMIENNICTWO

- ANTIPOV V. G. 1957: Dejstvie gazov, vybrasyvaemych promyšlennymi predpriyatjami, na semena derevev i kustarnikov. Lesn. Choz., 8.
- Baza danych z punktów pomiarowych monitoringu leśnego 1988-1994: Zakład Badań i Systemów Informacji Przestrzennych IBL.
- BEDA H. 1982: Der Einfluss einer SO₂ - Begasung auf Bildung und Keimkraft des Pollens von Weisstanne, *Abies alba* (Mill.). Mitteil. Eidgen. Anst. Forstl. Versuchswes., 2: 163-223.
- BENOIT L. F., SKELLY J. M., MOORE L. D., DOCHINGER L. S. 1984: The influence of ozone on *Pinus strobus* L. pollen germination. Can. J. For. Res., 13: 1, 184-187.
- CHWOJKA M., LIWIŃSKA A., WAWRZONIAK J. 1994: Zanieczyszczenia powietrza w lasach: zima 1993/94, zanieczyszczenia gazowe, rok 1993, zanieczyszczenia pyłowe. Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- COX R. M., 1988: The sensitivity of pollen from various coniferous and broad-leaved trees to combinations of acidity and trace metals. New Phytologist, 2: 193-201.
- FREER-SMITH P. H., BENHAM S. 1993: Critical levels of air pollutants for direct effects on forests and woodlands. UN-ECE, 1993.
- GOZDALIK M. 1995: Budowa wewnętrzna nasion - kryterium oceny wzrostu jednorocznych siewek świerka pospolitego *Picea abies* (L.) Karst., Sylwan, 6: 63-72.
- GOZDALIK M., ZAŁĘSKI A. 1995: Ocena zdrowości (żywotności) nasion i zdolności kiełkowania pyłku sosny i świerka z różnych stref zagrożenia przez emisje przemysłowe. Spr. nauk. Inst. Bad. Leśn., 1-58.
- GRESZTA J., BITKA R., SUCHANEK R. 1979: Wpływ pyłów hutnictwa metali nieżelaznych na kiełkowanie nasion *Pinus silvestris*, *P. nigra*, *P. rigida*, *Picea abies*, *Quercus robur*. Sylwan, 1: 7-15.
- HARRISON B. H., FEDER W. A. 1974: Ultrastructural changes in pollen exposed to ozone. Phytopatology, 2.
- HOUSTON D. B., DOCHINGER L. S. 1977: Effects of ambient air pollution on cone, seed and pollen characteristics in eastern white and red pines. Environ. Pollut., 12: 1, 1-5.

- INNES J. L. 1993: Air pollution and forests – an overview. In: Long-term Implications of Climate Change and Air Pollution on Forest Ecosystems. (ed. Schlaepfer R.) IUFRO World Series, Vienna, Austria, 4: 1-132.
- JURASEK A., MARES V., VACEK S. 1982: Vliv znečištění ovzduší na plodivost smrekových porostů. Lesn. Pr., 11: 492-503.
- LÖFFLER J. 1988: Gefährden die Immissionen die Fortpflanzung unserer Wälder?, Allgem. Forstszchr., 33: 916-918.
- LUCAS P. 1993: The implication of air pollutant interactions with abiotic stresses for setting critical levels: an assessment. UN-ECE, 1993.
- MALACHOWSKA J., WAWRZONIAK J. 1994: Ocena uszkodzenia lasu na stałych powierzchniach obserwacyjnych monitoringu biologicznego w 1993 r., Inst. Bad. Leśn., Warszawa.
- MAMAJEV S. A., ŠKARLET O. D. 1972: Effects of air and soil pollution by industrial waste on the fructification of Scots pine in the Urals. Mitt. FBVA, IEN, 97/II:443-450.
- MRKVA R. 1969: Einfluss der Immissionen auf die Saatgüte der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) im Gebiet des Forstbetriebes Břeclav (Südmähren). Acta Univ. Agric., Fac. Silvicult., XXXVIII, 4: 345-360.
- OSTROLUCKA M. G., HOLUB Z., ZELENÁKOVÁ E. 1985: Životaschopnost pělů druhů *Pinus nigra* Arnold a *Quercus robur* L. v oblastech ovplyvnených Pb²⁺. Lesnictví, 31: 621-628.
- PALOWSKI B., SIWECKI R. 1987: Badanie nasion *Pinus silvestris* z terenów silnie zanieczyszczonych przez przemysł. W: Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. ID PAN, SITLiD, Poznań. Mat. II Krajowego Sympozjum: 195-200.
- PELZ E. 1963: Untersuchungen über die Fruktifikation rauchgeschädigter Fichtenbestände. Arch. Forstwes., 12: 1066-1077.
- PODZOROV N.V. 1965: Vlijanie zadymlenja vozducha na kačestvo semjan sosny obyknovennej. Lesn. Choz., 18: 47-49.
- POSPISIL J., ALFERI L. 1987a: Sledovani nalotu na samici generativni organy smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karst. rostouciho v oblasti Beskyd pod vlivem ruzneho imiencho zatizeni. Lesnictví, 3.
- POSPISIL J., ALFERI L. 1987b: Vliv imisi na kvalitu pylu smrku ztepilého (*Picea abies* L.) Karst. v Beskydach. Lesnictví, 1: 15-32.
- POSPISIL J., RICHTAR V. 1970a: Effect of dust immissions on development of ovule and seed in European larch (*Larix decidua* Mill). Acta Univ. Agric., Ser. C (Fac. Silvicult.), Brno, 3.
- POSPISIL J., RICHTAR V. 1970b: Mikrosporogeneze *Larix decidua* Mill. v porostach poakozovanych prumyslovymi exhalaty v Ostravske oblasti. Lesnictví, 3.
- RICHTAR V. 1967: Plodnost lesnich drevin v porostach poskozovanych kourem v oblasti Ostravy. Lesn. Pr. 46: 527-529.
- SCHOLZ F., VORNWEG A., STEPHAN B. R. 1985: Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Pollenkeimung von Waldbäumen. Forstarchiv., 3: 121-124.
- ŠKARLET O. D. 1972: Vlijanie promyšlennogo zagraznenija atmosfery i počvy na razmery pylcovych zeren sosny obyknovennoj. Ekologija, 1.
- Venne H., Scholz F. 1988: Immissionawirkungen auf Reproduktionsvorgänge. Tagung der Arbeitgemeinschaft für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. 14-16 Juni 1988, Grosshansdorf bei Hamburg.
- ZALĘSKI A. 1990: Wpływ wielkości zarodka w nasionach gatunków iglastych na udatność i rozwój siewek. Biuletyn IBL, 2 (14): 15-17.
- ZALĘSKI A. 1991: Różnice w warunkach wykształcania się nasion a wczesne testowanie proveniencji drzew iglastych. Notatnik Naukowy IBL, 1: 1-3.
- ZALĘSKI A., BORKOWSKA E. 1993: Zależność między wielkością zarodka i bielma a wzrostem jednorocznych siewek sosny czarnej (*Pinus nigra* ARN.). Pr. Inst. Bad. Leśn., 752: 3-17.

- ZAŁĘSKI A., GOZDALIK M. 1994: Standardowe wymiary zarodka i bielma nasion sosny zwyczajnej w Polsce i ich znaczenie dla oceny żywotności nasion. Pr. Inst. Bad. Leśn., 780: 47-60.
- ZAŁĘSKI A., KANTOROWICZ W. 1995: Sprawozdanie z wyników oceny nasion w Polsce w okresie od 1.I do 31.XII. 1994 r. Inst. Bad. Leśn. 1-14.
- ZAŁĘSKI A., KOWALSKA I., 1988 – Ocena nasion metodą prześwietlania promieniami X i możliwość jej wykorzystania w badaniach skażenia środowiska. Las Pol. Nr 15-16: 18-20.
- ZELENAKOVA E., HOLUB Z. 1988: Žiznesposobnost pylcy vidov *Pinus nigra* Arnold i *Quercus robur* L. v uslovijah vozdejstvija Pb²⁺. Ekol. Koop., 1.
- Miesięczny Przegląd Agrometeorologiczny (1985-1994), IMiGW, Warszawa.