

ISBN 83-88031-87-2

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION



Jerzy Księżak

DYNAMIKA GROMADZENIA
SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH
W ORGANACH ROŚLIN TRADYCYJNYCH
I SAMOKOŃCZĄCYCH ODMIAN BOBIKU
W OKRESIE OD KWITNIENIA
DO DOJRZAŁOŚCI PEŁNEJ

ROZPRAWA HABILITACYJNA

MONOGRAFIE
I ROZPRAWY
NAUKOWE

5

PUŁAWY

2002

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
INSTITUTE OF SOIL SCIENCE AND PLANT CULTIVATION

Dyrektor: prof. dr hab. *Seweryn Kukula*

Redaktor serii: dr *Adam Harasim*

Recenzent
prof. dr hab. *Andrzej Kotecki*

Opracowanie redakcyjne
dr *Irena Marcinkowska*

Nakład 250 egz., B-5, zam. 68/F/02
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301, i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

Jerzy Księżak

DYNAMIKA GROMADZENIA SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH
W ORGANACH ROŚLIN TRADYCYJNYCH
I SAMOKOŃCZĄCYCH ODMIAN BOBIKU W OKRESIE
OD KWITNIENIA DO DOJRZAŁOŚCI PEŁNEJ

SPIS TREŚCI

1. WSTĘP	7
2. PRZEGLĄD LITERATURY	9
3. METODYKA I WARUNKI BADAŃ	18
4. OMÓWIENIE WYNIKÓW	20
4.1. Wpływ przebiegu pogody na wzrost i rozwój bobiku	20
4.2. Dynamika gromadzenia się składników pokarmowych	23
4.2.1. Azot ogólny	23
4.2.2. Sucha masa	25
4.2.3. Związki bezazotowe wyciągowe	29
4.2.4. Tłuszcz surowy	31
4.2.5. Włókno surowe	31
4.3. Dynamika gromadzenia się składników mineralnych	36
4.3.1. Popiół surowy	36
4.3.2. Fosfor	36
4.3.3. Potas	38
4.3.4. Wapń	42
4.3.5. Magnez	44
4.3.6. Sód	46
4.4. Zmiany cech morfologicznych bobiku w okresie od początku kwitnienia do dojrzałości pełnej	47
4.5. Plon nasion i jego struktura	59
4.6. Skład chemiczny nasion	68
4.7. Ocena zachwaszczenia, porażenia chorobami grzybowymi oraz uszkodzeń nasion powodowanych przez strąkowca bobowego	71
5. DYSKUSJA	72
6. WNIOSKI	83
7. LITERATURA	85
8. STRESZCZENIE	94

1. WSTĘP

Produkcja białka paszowego w Polsce jest niewystarczająca, dlatego dużą wagę przywiązuje się do roślinnych źródeł tego składnika. W naszych warunkach klimatycznych częściowe pokrycie zapotrzebowania na białko może pochodzić z nasion takich roślin strączkowych, jak: bobik, groch i łubiny. Celowość uprawy tych roślin jest w Polsce w pełni uzasadniona (181). Niejednoznaczne są jednak poglądy odnośnie ich udziału w strukturze zasiewów, form użytkowania oraz wyboru najbardziej efektywnych gatunków dla danego rejonu (181).

Bobik (*Vicia faba var. minor* Harz.) jest cennym, od dawna znanym gatunkiem uprawianym głównie na nasiona ze względu na ich wysoką wartość paszową. Powierzchnia jego uprawy w ostatnich latach uległa znacznemu ograniczeniu nie tylko w Polsce, ale także w Europie (118). Spowodowane jest to między innymi dość dużymi wymaganiami tego gatunku oraz wahaniami plonów w latach i niższym poziomem plonowania w porównaniu ze zbożami. W krajach Unii Europejskiej podjęto działania mające na celu poprawę opłacalności (dopłaty wyrównawcze) oraz podniesienie poziomu i wierności plonowania bobiku. Gatunek ten charakteryzuje bowiem duża dysproporcja pomiędzy potencjalnymi możliwościami plonowania a uzyskiwanymi plonami. Według K e l l e r a (97) i P a p r o c k i e g o (138) wykorzystanie potencjału plonowania mierzone stosunkiem wykształconych strąków do liczby kwiatów wynosi 25-35%, a według J a s i ń s k i e j i K o t e c k i e g o (83) tylko około 10%. Potwierdziły to również wyniki wieloletnich badań G a t e s a i in. (57) z różnymi odmianami bobiku, którzy obserwowali opadanie od 36 do 87% zawiązków kwiatów i niewykształconych strąków. W okresie rozwoju strąków zapotrzebowanie na azot staje się tak duże, że roślina nie jest w stanie dostarczyć odpowiednich jego ilości poprzez system korzeniowy. Jest to również przyczyną opadania kwiatów i zawiązków strąków, przede wszystkim w pozycjach dystalnych kwiatostanów, które może sięgać nawet 90% wszystkich kwiatów (129). Jak podaje F i l e k (49) plon maksymalny bobiku w korzystnych warunkach uprawy może wynosić nawet 22 t suchej masy z 1 ha, co przy średnim indeksie żniwnym 0,38 daje plon nasion 8,4 t/ha. Osiągnięcie postępu w zakresie poziomu plonowania, a zwłaszcza poprzez prace hodowlane, wymaga równoległe lepszego poznania fizjologicznych i ekologicznych uwarunkowań produktywności bobiku. Plon nasion bobiku modyfikują bowiem nie w pełni poznane zależności pomiędzy organami wegetatywnymi i generatywnymi. Prawdopodobnie zależności te są silniejsze u odmian o niezdeterminowanym typie wzrostu, gdyż przez znaczną część okresu wegetacji równoległe przebiegają u nich fazy wzrostu wegetatywnego i rozwoju generatywnego (50). Konkurencja o asymilaty w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków pomiędzy strąkami, intensywnie rosnącym wierzchołkiem pędu głównego i wierzchołkami pędów bocznych oraz brodawkami korzeniowymi prowadzi do zahamowania tworzenia się strąków, a nawet ich opadania (32, 57, 79, 142). W tym okresie, jak podają H a i s c h i in. (67), organy generatywne otrzymują tylko około 10% asymilatów. U form o samokończącym typie wzrostu nie występuje tak silna konkurencja, ale potencjalne możliwości ich plonowania są jednak znacznie mniejsze niż form tradycyjnych.

Oddziaływanie czynników środowiskowych na przebieg procesów fizjologicznych w roślinach bobiku, decydujących o kształtowaniu plonu, nie zostało bliżej poznane, a badania nad tym zagadnieniem są stosunkowo nieliczne. Mało jest też prac dotyczących wpływu tych czynników na wzrost roślin, tworzenie i akumulację biomasy, a zwłaszcza na przemieszczanie się składników pokarmowych w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej. Nadal poszukuje się przyczyn słabszego plonowania tej rośliny, zarówno w stosunku do jej potencjalnych biologicznych możliwości, jak i do plonów osiągniętych w ścisłych doświadczeniach. Ponadto określenie przyczyn okresowych zaburzeń wzrostu i rozwoju bobiku, spowodowanych często warunkami stresowymi, umożliwi ocenę potencjału plonotwórczego tego gatunku. Niewiele jest też badań określających wymagania nowych odmian bobiku o zróżnicowanym pokroju i morfologii, co szczególnie dotyczy odmian białokwitnących i o samokończącym typie wzrostu. Uwzględniając te zagadnienia, w niniejszej pracy podjęto próbę zweryfikowania następującej hipotezy: cechy morfologiczne roślin bobiku oraz tempo gromadzenia składników pokarmowych w okresie kształtowania się elementów struktury plonu mają znaczący wpływ na poziom jego plonowania.

Celem badań własnych było:

- określenie zależności tworzenia plonu nasion odmian bobiku o zróżnicowanym przebiegu wzrostu i rozwoju od dynamiki gromadzenia suchej masy i składników pokarmowych przez całe rośliny i poszczególne organy, tj. liście, łodygi i strąki w okresie od początku kwitnienia do dojrzałości pełnej;
- poznanie zależności między cechami morfologicznymi i elementami struktury plonu a kształtowaniem plonu nasion;
- prześledzenie przebiegu wzrostu roślin, wytwarzania i gromadzenia biomasy oraz kształtowania plonu nasion w zróżnicowanych warunkach pogodowych;
- określenie możliwości zwiększenia stopnia wykorzystania biologicznego potencjału plonowania bobiku poprzez zagęszczenie łąnu.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Bobik jest rośliną z rodziny motylkowatych (*Fabaceae* = *Papilionaceae*), podrodziny motylkowych (*Papilionatae*), plemienia wykowych (*Vicieae*); (83). Według klasyfikacji Muratowej (128) gatunek ten dzieli się na dwa podgatunki: *paucijuga* i *eufabae*. W obrębie podgatunku *eufabae* wyróżnia się 3 odmiany botaniczne: wielkonasienną *var. major*, pośrednią *var. equina* i drobnonasienną *var. minor*.

Nasiona bobiku znane były już w starożytnym Egipcie, a w okresie neolitu nastąpiło rozpowszechnienie jego uprawy w Hiszpanii, Portugalii i w krajach wschodniej Europy. Według C u b e r o (29) gatunek ten pochodzi z rejonu śródziemnomorsko-zachodnioazjatyckiego lub z centrum Azji (L a d i z i n s k i, cyt. za 72). Na terytorium obecnej Polski pierwsze nasiona bobiku znajdowano w okresie od VII do II wieku p.n.e. (24).

Bobik odgrywa ważną rolę w płodozmianie jako roślina przerywająca następstwo zbóż po sobie. Pozostawia w glebie, oprócz azotu, substancję organiczną w resztkach poźniwnych zasobną w makro- i mikroelementy. Przyczynia się do poprawy właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych gleb. Nasiona bobiku zawierają przeciętnie 28-30% białka ogólnego o wysokiej wartości biologicznej (22, 164). Głównym białkiem zapasowym nasion są globuliny (około 60%), a udział albumin wynosi 20% (23). Białko bobiku charakteryzuje znaczny udział aminokwasów egzogennych, głównie lizyny (10, 140), występuje natomiast niedobór metioniny. Ponadto nasiona zawierają znaczną ilość tłuszczu (131-133, 165, 194), głównie kwasów tłuszczowych nienasyconych (25, 164, 188). Podstawowym składnikiem węglowodanów jest skrobia; jej zawartość zależy w dużym stopniu od odmiany (9). W nasionach bobiku występują również substancje antyżywniowe, m.in. inhibitory proteaz – trypsyny (45), chymotrypsyny, taniny (4, 64), glikozydy (głównie wicyna i konwicyna), które mogą mieć niekorzystny wpływ na wykorzystanie składników pokarmowych. Większość z tych substancji ulega jednak znacznemu (50%) unieczynnieniu pod wpływem obróbki hydrotermicznej (150, 168).

Do niedawna uprawiane były w Polsce wyłącznie formy bobiku o normalnym typie wzrostu i nadal dominują one w uprawie. U tych odmian przez znaczną część okresu wegetacji równolegle przebiegają fazy wzrostu wegetatywnego i rozwoju generatywnego (50). W okresie kwitnienia i zawiązywania strąków konkurencja o asymilaty między strąkami a wegetatywną częścią roślin (wierzchołkowa) i brodawkami korzeniowymi prowadzi do zahamowania tworzenia się strąków, a nawet do ich opadania (32, 57, 79, 141). W okresie tym, jak podaje H a i s c h i in. (67), organy generatywne otrzymują tylko około 10% asymilatów. Zgodnie z teorią przepływu masowego we floemie kierunek przemieszczania się asymilatów rzutuje również na przemieszczanie związków azotowych. W miarę zakwitania kwiatostanów na wyższych węzłach rośliny, coraz wyraźniej zaznacza się konkurencja

między nimi, przy czym, jak podaje A u f h a m e r i n. (6), dominują kwiatostany dolne, a w nich kwiaty proksymalne. Wynikiem tego jest niski poziom plonu w stosunku do jego potencjału oraz duża zmienność plonowania w latach (3, 14, 15, 21). Nadmierny wzrost wegetatywny bobiku sprzyja wyleganiu, zwłaszcza w latach o obfitych opadach (8, 17, 21, 69). Od początku lat siedemdziesiątych w Europie (166), jak również w Polsce, prowadzone są prace hodowlane nad modelem rozwojowym bobiku zbliżonym wyglądem morfologicznym do rośliny zbożowej (kwiatostan wierzchołkowy). U form o samokończącym typie wzrostu nie występuje tak silna konkurencja o asymilaty między organami wegetatywnymi a generatywnymi, ale potencjalne możliwości plonowania tych form są dotąd znacznie mniejsze niż form tradycyjnych (21, 180). Wyżej, w porównaniu z odmianami o niezeterminowanym wzroście, osadzają one pierwszy strąk i wykazują zwiększoną wrażliwość na choroby oraz niedobory wody w okresie krytycznym – od pąkowania do zawiązywania strąków. Charakteryzuje je równomierne zakwitanie (96) i dojrzewanie, skrócony okres wegetacji, krótsza łodyga i mniejsza podatność na wyleganie.

Według D e m i d o w i c z a (39), G o n e t a i S t a d e j e k (62), K r z y m u s k i e g o i K r a s o w i c z a (116), M i c h a l s k i e j (125), Ś w i e c i c k i e g o (183) na terenie Polski nie stwierdza się wyraźnej klimatycznej rejonizacji uprawy bobiku, chociaż korzystniejsze warunki, ich zdaniem, panują w rejonie północnym i północno-wschodnim. Natomiast według B o c h n i a r z a i C e g i e l s k i e g o (14) oraz P a p r o c k i e g o (138, 139) sprzyjające warunki termiczne panują na terenie całego kraju, a rejonizację uprawy tej rośliny wyznaczają gleby, gdyż na glebach zwięzłych, gliniastych, o głębokim poziomie akumulacyjnym istnieje możliwość odpowiedniego zaopatrzenia bobiku w wodę.

Optymalna suma opadów w okresie wegetacji bobiku według H r u s z k i (75) wynosi od 320–400 mm, natomiast według D o m a ń s k i e g o i W i a t r a (41) oraz D z i e ż y c a (42) na glebach średnich wynosi 347 mm, a na ciężkich – 304 mm. Wielu autorów podaje, że okresowy brak wody w glebie jest jedną z najważniejszych przyczyn niestabilności plonowania (35, 38, 63, 73, 78, 94, 95, 120, 125, 159–161). Natomiast poglądy na temat okresów krytycznych w czasie wzrostu roślin są dość zróżnicowane. Sugeruje się niekiedy (125, 142), że w rozwoju bobiku nie można wyróżnić faz o szczególnej wrażliwości na suszę glebową. Z kolei wieloletnie badania A b d a l a i F i c h b e c k a (1), E l N a d i e g o (44), H e b b l e t h w a i t e (73) i J o n e s a (89) wykazały, że największy dodatni wpływ na plonowanie bobiku wywierała dostateczna ilość opadów w okresie kwitnienia i zawiązywania strąków. Susza powoduje zmniejszenie powierzchni liściowej poprzez ograniczenie liczby i rozmiarów liści oraz przyspieszone ich starzenie (74). Natomiast S t a r c k (175) podaje, że niedobór wody, niezależnie od fazy wzrostu i rozwoju bobiku, powoduje obniżkę plonu. W okresie suszy rośliny mogą zrzucać kwiaty, a nawet zawiązane strąki (1, 157). Efektem tego jest zmniejszona liczba węzłów owocujących, strąków i nasion, a tym samym mniejszy plon nasion z rośliny (65).

Według Mikulskiego (127) suma opadów, a zwłaszcza ich rozkład, mają znaczący wpływ na długość poszczególnych faz rozwojowych bobiku. Zdaniem Hebblethwaite (73), Listowskiego i in. (120), Tamaki i Nakka (184) brak wody może powodować skrócenie okresu kwitnienia i zawiązywania strąków, natomiast nie wpływa na termin początku kwitnienia. Ponadto może powodować skrócenie owocującego odcinka pędu, na którym strąki osiągają dojrzałość. W związku z ogromnym znaczeniem wody dla produktywności bobiku, od dawna prowadzone są prace nad wyhodowaniem odmian mniej wrażliwych na suszę. Jednak dotychczas nie osiągnięto znaczniejszego postępu w tej dziedzinie. Zdaniem Bonda (18) należy rozważyć również celowość poszukiwania form półkarłowych, czyli pośrednich między typami normalnymi i samokończącymi.

Nasiona badanych przez Pisulewską i in. (145) odmian bobiku nie różniły się znacząco pod względem zawartości tłuszczu, włókna i popiołu; uzyskane wyniki nie odbiegały od cytowanych w literaturze. Ci sami autorzy odnotowali jednocześnie silny wzrost zawartości tłuszczu w nasionach bobiku uprawianego w warunkach suszy. Wydaje się zatem, że wyniki te nie potwierdzają tezy, iż skład chemiczny nasion bobiku nie podlega znaczącym wahaniom pod wpływem warunków środowiska. Zagęszczenie łąnu nie wpływa wyraźnie na zawartość składników mineralnych, białka, tłuszczu, włókna, popiołu i związków bezazotowych wyciągów w masie wegetatywnej i nasionach bobiku (16).

Gatunku *Vicia faba* nie można zaliczyć ani do roślin samopylnych, ani do obcoopylnych. Zakres obcozapylenia, według danych literaturowych, wynosi od 4 do 84%. Wzrost obcozapylenia kwiatów tego gatunku w Europie postępuje z północy na południe i z zachodu na wschód (19). Według Kłotowskiego (105) i Poulsen (148) zapylenie roślin bobiku przez pszczoły powoduje wzrost plonu od 23 do 35%, wytwarzanego głównie na 5 najniższych osadzonych kwiatostanach pędu głównego, natomiast Varsi i Brax (187) stwierdzili dwukrotnie większy plon nasion pod wpływem zapylenia. Rośliny wyrosłe z nasion uzyskanych przez zapylenie krzyżowe, w porównaniu z roślinami kontrolnymi (z nasion po samozapyleniu), są bujniejsze, mają więcej strąków i większą masę 1000 nasion (66).

Zawiązywanie nasion u bobiku zależy od płodności zalążków (żeńskich gametofitów). Ich zamieranie występuje na różnych etapach rozwoju: przed otwarciem kwiatu, w czasie zapylenia, po zapłodnieniu (148). W opadłych kwiatkach obserwuje się sterylne zalążki, które charakteryzują się: nieprawidłową budową woreczków zalążkowych, anomaliami w funkcjonowaniu komórek epidermy ośrodka, zaburzeniami w procesie syngamii, rozwoju zarodka i rozwoju bielma, które nie jest w stanie odżywić zarodka.

U roślin bobiku w okresie rozwoju występuje opadanie zawiązaných i wykształconych strąków oraz zamieranie nasion w strąku, szczególnie na wyżej położonych węzłach. (92, 148). Jednak większe znaczenie, jak podaje Poulsen (148), ma opadanie zapylnych i niezapylnych kwiatów, a proces ten jest związany z genotypem i potęgowany przez czynniki stresowe. Natomiast Podlaski (146)

za jedną z przyczyn opadania kwiatów uważa zaburzenia spowodowane prawdopodobnie niedostatecznym, w sensie ilościowym i jakościowym, zapyleniem kwiatów. F i l e k (49) zwraca uwagę na czynniki wpływające na zawiązywanie się i rozwój organów generatywnych oraz na dystrybucję asymilatów pomiędzy organy wegetatywne i generatywne. Istnieje także konkurencja pomiędzy organami generatywnymi (40) oraz silny efekt dominacji w kwiatostanie bobiku (57). Zapyłone kwiaty i rozwijające się strąki u podstawy kwiatostanu hamują rozwój bardziej dystalnych (154). Niewykszałcenie dojrzałych nasion może być spowodowane zbyt małą ilością asymilatów dostarczanych do rozwijających się młodych strąków w wyniku niewłaściwego rozwoju tkanek przewodzących.

Silny związek między czynnikami klimatycznymi a plonowaniem bobiku wykazały badania K ř i s t e n a i Č e r n e g o (115). Stwierdzili oni bowiem, że wpływ tych czynników jest siedmiokrotnie większy niż elementów agrotechniki (gęstość siewu, przedplon, głębokość siewu, poziom nawożenia). Znaczne wahania plonów nasion bobiku spowodowane są niedoborem wody w glebie (90, 126, 137, 138). Wymagania wodne tego gatunku są największe w okresie kwitnienia i wypełniania się nasion (27, 90, 120, 138). Susza w tym okresie jest przyczyną zaburzeń procesów fizjologicznych, prowadzących do znacznego zmniejszenia plonu (73). Z badań G r z e s i a k a i in. (65) wynika, iż fizjologiczne skutki działania suszy glebowej na rośliny polegają na zmniejszeniu potencjału wody w liściach oraz intensywności fotosyntezy i są znacznie silniejsze w fazie wegetatywnej niż w fazie generatywnej. M i c h a l s k a (126) stwierdziła dodatnią korelację plonu z opadami we wszystkich wyróżnionych fazach rozwojowych bobiku. Reakcja fizjologiczna bobiku na okresowy niedobór wody w glebie może być zdaniem G e j a (60) cechą odmianową. Susza glebowa utrzymywana w warunkach laboratoryjnych w okresie kwitnienia nie ograniczała plonu nasion odmiany Tibo, podczas gdy odmiany Dino i Nadwiślański reagowały na nią zmniejszeniem masy 1000 nasion.

Korzystny wpływ niskiej temperatury wiosną na plonowanie bobiku podkreślają liczni autorzy (46, 47, 126, 127, 138). Wiosenne chłody sprzyjają bowiem rozwojowi wegetatywnemu i wykształceniu silniejszego systemu korzeniowego. Według E v a n s a (46), L i s t o w s k i e g o i in. (120) oraz P a p r o c k i e g o (138) bobik w okresie kwitnienia wykazuje dużą wrażliwość nie tylko na warunki wilgotnościowe, ale i świetlne. Wysoka temperatura w czasie kwitnienia niekorzystnie wpływa na liczbę zawiązanych strąków i w efekcie na wielkość plonu (48, 92, 120). P a p r o c k i (138) przypisuje światłu znaczącą rolę w kształtowaniu warunków dla kwitnienia, zapyłania i zawiązywania strąków. Z kolei według M i c h a l s k i e j (126) usłonecznienie najsilniejszy wpływ wywiera dopiero w końcowym okresie rozwoju bobiku – od zawiązania strąków do dojrzałości technicznej. Również D e m i d o w i c z (38) wykazał znaczącą rolę usłonecznienia w kształtowaniu się plonu nasion. Wskazuje on również na istnienie interakcji uwilgotnienia z temperaturą i usłonecznieniem. W innym opracowaniu ten sam autor (39) podaje, iż najkorzystniejsze warunki pogodowe dla stabilności plonowania bobiku wy-

stępują w pasie Wyżyn Środkowopolskich, w centralnej części Niziny Wielkopolskiej i nad Zatoką Gdańską. Największa zmienność plonów występuje na Pomorzu wraz ze środkowym Pobrzeżem Bałtyku i w rejonie Suwałk.

Bobik należy do roślin o niskim poziomie produkcji nasion w porównaniu ze zbożami (harvest index 0,38, u zbóż 0,66). Plon nasion bobiku zależy nie tylko od ilości wyprodukowanej biomasy, ale też od czynników wpływających na rozwój organów generatywnych i od dystrybucji produktów fotosyntezy pomiędzy organy vegetatywne i generatywne. Kształtowany jest również poprzez wzajemne oddziaływanie organów vegetatywnych i generatywnych. Wzajemne oddziaływanie liści, strąków i nasion wpływa na metabolizm asymilatów w tych organach (7). U odmian bobiku o normalnym typie wzrostu zależności te są szczególnie złożone na skutek długiego okresu wzrostu vegetatywnego. U odmian samokończących silniejszą konkurencję o asymilaty wykazują strąki niż inne organy. Sprawny transport asymilatów do intensywnie rosnących liści może potęgować proces fotosyntezy (104). W odniesieniu do bobiku badania nad wzajemnym sprzężeniem tych procesów są nieliczne (28, 55).

Potencjalne możliwości plonowania bobiku szacowane liczbą kwiatów są wielokrotnie większe niż plony osiągnięte w praktyce. W okresie wegetacji, na skutek działania różnych czynników i mechanizmów fizjologicznych ograniczających wytwarzanie większej liczby strąków na roślinie oraz liczby nasion w strąku i liczby nasion na roślinie (5, 6, 43), istotną rolę, zwłaszcza w warunkach stresu wodnego, odgrywają oddziaływania konkurencyjne. U form niesamokończących szczególne znaczenie ma konkurencja o produkty fotosyntezy pomiędzy rozwijającymi się organami vegetatywnymi i generatywnymi (34, 57, 141). Plony nasion bobiku w praktyce wynoszą od 15,2 do 29,0 dt/ha (118), a w doświadczeniach COBORU sięgają 46,4 dt/ha. P a p r o c k i (138) potencjał produkcyjny szacuje na 4-6 t z 1 ha, natomiast według D a n t u m y i T h o m s o n a (2, 34) maksymalny plon nasion bobiku może wynosić 84,0 dt/ha.

Zapewnienie optymalnego zagęszczenia roślin na jednostce powierzchni jest jednym z najważniejszych czynników agrotechnicznych decydujących o wielkości plonu nasion bobiku. Zaniedbań w tym zakresie nie można usunąć przez inne zabiegi agrotechniczne. Często przyjmuje się, że w suchszych warunkach siedliska liczba roślin na jednostce powierzchni powinna być większa. Według D a y i in. (36), w warunkach uzupełniającego nawożenia azotem przy zagęszczeniu większym niż 18 roślin na 1 m² plon nasion już nie wzrasta, natomiast inni autorzy wykazali (122, 162, 196), że optymalne zagęszczenie wynosi 60-80 roślin. Z kolei M c V e t t y i in. (123) podają, iż zwiększenie obsady z 35 do 58 roślin na 1 m² tylko nieznacznie wpływa na plon nasion bobiku. Autorzy ci podkreślają jednak, że zagęszczenie roślin poniżej 35 szt. na 1 m² prowadzi już do istotnej obniżki plonu nasion. Większość prac dotyczących tego zagadnienia uwzględnia odmiany o tradycyjnym typie wzrostu (15, 52, 80, 169, 196). B o c h n i a r z i in. (17) stwierdzili, że optymalne zagęszczenie roślin tradycyjnych odmian bobiku na glebach odpo-

wiednich dla jego uprawy powinno wynosić 30-40 szt., a na glebach słabszych 45-55 szt./m². Taką obsadę dla odmian tradycyjnych zalecają również P i c a r d i S i q w a l t (143). Autorzy ci podają, że zwiększenie obsady roślin nie wpływa na wzrost plonu nasion, a potęguje ryzyko wylegania roślin. Według H ü g i i K e l l e r a (76) oraz J a s i ń s k i e j (80) największe plony nasion uzyskuje się przy wysiewie 50-60 nasion na 1 m². Późniejsza praca tej samej autorki i K o t e c k i e g o (85) wskazuje, że optymalny wysiew dla odmian tradycyjnych wynosi 55 szt./m², a dla samokończących (Tibo) 70 szt./m². Badania nad ilością wysiewu prowadzono w różnych warunkach przyrodniczych i przy zróżnicowanej rozstawie rzędów, wahającej się w granicach od 12 do 50 cm (15, 52, 53). Z i e l i ń s k a i in. (195) wykazali, że rozstawa rzędów nie miała wpływu na poziom plonowania, a najbardziej racjonalny wysiew, zarówno pod względem ilości, jak i jakości plonu nasion wynosił 40 szt./m². Autorzy ci podają również, że rozstawa rzędów nie wpływała na stopień porażenie roślin chorobami oraz na cechy morfologiczne bobiku. Natomiast wysiew zwiększony do 55 i 70 szt./m², w porównaniu z wysiewem 40 szt./m², przyczyniał się do istotnie większego porażenia roślin przez choroby w okresie wegetacji (*Botrytis fabae*, *Botrytis cinerea*, *Ascochyta fabae*). S o n g i n (169) stwierdziła, że zagęszczenie roślin wiąże się ściśle z rozstawą rzędów i sposobem pielęgnowania. Przy rozstawie rzędów 40 cm i mechanicznym zwalczaniu chwastów wystarczający okazał się wysiew 30 nasion na 1 m², natomiast dla rozstawy rzędów 20 cm i przy zastosowaniu chemicznego zwalczania chwastów liczba wysiewanych nasion powinna wynosić 50 na 1 m². J a s i ń s k a i K o t e c k i (84) podają, że zwiększenie gęstości siewu z 40 do 70 szt./m² zmieniało niekorzystnie parametry struktury plonu rośliny, co nie ma jednak bezpośredniego związku z plonowaniem, gdyż plon nasion jest silnie zależny od obsady roślin. Wyniki dotyczące ustalenia optymalnego zagęszczenia bobiku o samokończącym typie wzrostu są zróżnicowane, co prawdopodobnie jest związane ze zmiennymi warunkami siedliska w jakich były prowadzone badania (54, 81, 107, 110, 135, 149). Wstępne badania z odmianą Tibo wykazały, że najkorzystniej było wysiewać: w Polsce północno-wschodniej – 70, w południowo-zachodniej – 85, a w południowo-wschodniej 100 nasion na 1 m² (81). Późniejsze badania B o r o w i e c k i e g o i in. (20-21) wskazują, że optymalna obsada bobiku wynosi 40-50 roślin na 1 m² dla wszystkich odmian, w tym dla samokończącej Tibo. Zwiększenie zagęszczenia prowadzi, zdaniem tych autorów, do zmniejszenia się liczby strąków na roślinie i do skrócenia owocującej części pędu. Według S t e u k a r d a (173, 174) odmiany samokończące wymagają zwiększonego wysiewu w porównaniu z tradycyjnymi, dla zrekompensowania nieco niższej plenności. F o r d o ń s k i i in. (54) w swojej pracy wykazali zbliżony poziom plonowania odmian tradycyjnych i samokończących przy zagęszczeniu wynoszącym odpowiednio 50 i 65 nasion na 1 m².

Spośród zabiegów agrotechnicznych szczególnie ważny dla bobiku jest też termin siewu. Jest to związane z długim okresem wegetacji tej rośliny oraz dużą wrażliwością na okresowe braki wody (59, 98, 163). Niska temperatura w początkowym okresie wzrostu umożliwia przejście pełnej jarowizacji w krótkim czasie,

rozwiniecie silniejszego systemu korzeniowego zapewniajacego lepsze zaopatrzenie rosliny w skladniki pokarmowe i wode. L i s t o w s k i i in. (120) podaja, ze opozniony siew powoduje obnizke plonu nasion wskutek reakcji foto- i termoperiodycznej oraz zmniejszenie liczby pieter i strakow. Najbardziej efektywna wernalizacja bobiku zachodzi w temperaturze 2-3°C (47, 49), powodujac przyspieszenie rozwoju generatywnego, co wpływa pośrednio na plon nasion poprzez przyspieszenie kwitnienia, obnizenie wysokości pierwszego węzła z kwiatami, zwiększenie liczby liści, wysokości roślin oraz liczby pędów i ich grubości. S c h r ö d e r (160, 161) i S k j a l v a g (167) celowosc stosowania wczesnego terminu siewu uzasadniają duza wrażliwością na czynniki pogody oraz wskazują na duza role czynnika termicznego w kształtowaniu długości okresu wegetacji bobiku. Opóźnienie siewu przyczynia się do zmniejszenia liczby straków (123) oraz nasion na roślinie i powoduje obniżkę plonu nasion o około 0,8% (ok. 35 kg/ha) na każdy dzień opóźnienia siewu, a ponadto do wyższego osadzania pierwszych straków na roślinie (14) oraz do nieznacznego skrócenia pędów (153).

Bobik zaliczany jest do grupy roślin o wysokich wymaganiach pokarmowych wobec potasu, fosforu i magnezu. Na jednostkę plonu pobiera 2-3 razy więcej składników pokarmowych niż zboża (31). Jego system korzeniowy zdolny jest jednak pobrać składniki pokarmowe ze związków form trudno dostępnych. Tym należy tłumaczyć częsty brak reakcji bobiku na nawożenie fosforem i potasem na glebach o średniej zasobności w te składniki. J a s i ń s k a i K o t e c k i (82) nie uzyskali wyraźnego dodatniego efektu w plonie pod wpływem zwiększonych dawek fosforu i potasu, natomiast B o c h n i a r z i in. (13, 15, 16) wykazali korzystny wpływ nawożenia tymi składnikami. Bobik, podobnie jak wszystkie rośliny strączkowe, ma również większe wymagania w stosunku do niektórych mikroelementów: molibdenu, manganu, kobaltu, cynku i boru. Wynika to ze zwiększonego udziału tych pierwiastków w procesach enzymatycznych oraz regeneracyjnych ATP. Mangan odgrywa też ważną rolę w przemianach azotu. J a s i ń s k a i K o t e c k i (82) wykazali wzrost plonu nasion bobiku pod wpływem dolistnego stosowania manganu. Brak boru hamuje kiełkowanie pyłku na znamionach słupka, co w rezultacie przyczynia się do zmniejszenia liczby straków. Ponadto w warunkach niedostatku boru tkanki przewodzące w brodawkach korzeniowych mają nieprawidłową budowę, przez co transport asymilatów ulega osłabieniu. Wielu autorów podkreśla korzystny wpływ azotu mineralnego na plon nasion bobiku (15, 16, 70, 156); wzrost plonu nasion był spowodowany zwiększeniem liczby straków i nasion w strąku. K u l i g i Z i ó ł e k (119) podają, że wzrastające dawki nawożenia azotem wpływają na zwiększenie zawartości białka w nasionach, przy czym korzystniej na tę cechę oddziałuje dolistne dokarmianie azotem. B e h a i r y i in. (11) stwierdzili, że przedsięwzięta dawka azotu powodowała wzrost liczby straków i nasion na roślinie, natomiast nie wpływała na zawartość białka w nasionach.

Panuje pogląd, że azot symbiotyczny nie wystarcza roślinom bobiku do osiągnięcia wysokiego poziomu plonowania. Prowadzone od dość dawna (37) poszukiwania roślin o zwiększonej zdolności wiązania wolnego azotu w procesie sym-

biozy z bakteriami, jak na razie nie przyniosły pozytywnych rezultatów. Jednym z czynników ograniczających ten proces jest mała wilgotność gleby (68, 73). Optymalna wilgotność gleby sprzyja bowiem prawidłowemu (maksymalnemu) przebiegowi procesu symbiozy, a ustaje on, gdy więdną dolne liście roślin (68, 144, 170, 171). Na intensywność przyswajania azotu atmosferycznego w dużym stopniu mają wpływ: temperatura powietrza i gleby (91, 158, 186), pH gleby i zasobność w składniki pokarmowe (178). Do składników mineralnych niezbędnych w symbiozie bakterii z rośliną-gospodarzem zalicza się fosfor, potas, mangan i mikroelementy (83). Niedobór potasu w podłożu silnie ogranicza nodulację korzeni bobiku (151, 191). Prawdopodobnie rola tego pierwiastka związana jest z powstawaniem i przemieszczaniem węglowodanów. Jego nadmiar prowadzi do zmniejszenia przyswajania magnezu, któremu przypisuje się pośrednie oddziaływanie na powstawanie i przemiany węglowodanów. Większe wymagania roślin w stosunku do fosforu wynikają ze zwiększonego udziału tego składnika w procesach regeneracji ATP. Takie mikroelementy, jak kobalt i molibden są składnikami enzymów biorących udział w wiązaniu N_2 , natomiast większe zapotrzebowanie na wapń, cynk i siarce wynika z funkcjonowania brodawek, a nie całych roślin (129). Według wielu autorów duże stężenie w glebie azotu mineralnego hamuje symbiotyczne wiązanie N_2 (51, 71, 91, 176, 177, 192). Nie wyjaśnione jest dotąd, czy ilości wolnego azotu wiązanego w procesie symbiozy w pełni zaspokajają zapotrzebowanie roślin na ten składnik, czy też niezbędne jest jego stosowanie w formie mineralnej. Za jedną z przyczyn hamowania wiązania azotu atmosferycznego przez azot mineralny podaje się niedostateczne zaopatrzenie brodawek korzeniowych w asymilaty, które może być blokowane przez azot mineralny pobierany przez rośliny z gleby. Ważną rolę może odgrywać stosunek C : N w roślinach (134). Szeroki stosunek C : N umożliwia korzystanie z azotu związanego bez szkody dla procesu symbiozy.

Zawartość azotu jest zróżnicowana w poszczególnych organach bobiku; najczęściej jest go w brodawkach, blaszkach liściowych, kwiatach i strąkach, a najmniej w łodygach (102). Mniej azotu zawierają rośliny bobiku w fazie dojrzewania niż początku kwitnienia. Koncentracja tego składnika, jak stwierdzili ci sami autorzy, maleje w roślinach w miarę wzrostu i rozwoju bobiku, ale z różną intensywnością i w różnym stopniu w poszczególnych organach; najwcześniej i najbardziej zmniejsza się w łodygach. Stosunkowo małym zmianom, jak podają ci autorzy (102), ulega zawartość tego składnika w brodawkach korzeniowych, w kwiatach i w blaszkach liściowych. W tych ostatnich dopiero w fazie końcowej okresu wegetacji następuje znaczny spadek koncentracji azotu w porównaniu ze stwierdzoną w czasie formowania się pąków. Również obserwacje R u t k o w s k i e g o i F o r d o ņ s k i e g o (152) wskazują, że zawartość azotu w całych roślinach maleje w okresie od początku kwitnienia do fazy płaskiego strąka, a B e n e d y c k i e j i N o w a k a (12), iż również między fazą butonizacji i pełnią kwitnienia. Autorzy ci stwierdzili (12) ponowny wzrost zawartości omawianego składnika w miarę wykształcania się nasion, w fazie czernienia strąków. Jak podaje S t a r c k (172) w okresie dojrzewania roślin zawartość azotu maleje, a ponadto w okresie

owocowania w znacznej części przemieszczany jest on z liści do organów generatywnych. Podobne zależności między zawartością azotu a terminem zbioru bobiku wykazała T o y n b e e - C l a r k e (185). W fazie wegetatywnej bobiku azot jest głównie akumulowany w liściach (50% w całych roślinach) i jego zawartość maleje dopiero w okresie zawiązywania i wypełniania się strąków. Najszybciej azot jest pobierany w okresie kwitnienia, zawiązywania strąków i wypełniania się nasion, gdy proces wzrostu przebiega intensywnie (33, 103). Podobne zależności stwierdzono również u innych gatunków roślin (58, 193).

Zawartość makro- i mikroelementów w różnych gatunkach roślin waha się w bardzo szerokich granicach. Koncentracja związków popielnych wynosi od kilku procent suchej masy w niektórych roślinach niższych do około 20% w roślinach zielnych i dwuliściennych (172). Organem najbogatszym w składniki popielne są liście (172). W okresie owocowania potas, azot, fosfor, a częściowo również magnez są przemieszczane w dużych ilościach z liści do organów generatywnych roślin. W całych roślinach bobiku zdaniem R u t k o w s k i e g o i F o r d o Ń s k i e g o (152) zawartość popiołu sukcesywnie maleje w miarę dojrzewania (między pełnią kwitnienia i czernieniem strąków). B e n e d y c k a i N o w a k (12) stwierdzili, że zawartość fosforu maleje w roślinach bobiku w procesie starzenia się, a S t a r c k (172) potwierdziła tę zależność u wielu innych gatunków roślin. Natomiast R u t k o w s k i i F o r d o Ń s k i (152) obserwowali nieznaczny wzrost zawartości tego składnika w roślinach bobiku. Potas pobierany jest zawsze w postaci K^+ w sposób selektywny. Jest bardzo ruchliwy i dlatego łatwo jest reutilizowany w komórkach i organach roślinnych (147). W czasie wegetacji może on być przemieszczany zarówno w kierunku wierzchołka rośliny, jak i do korzenia, a nawet przechodzić do gleby. Największa zawartość tego składnika charakteryzuje „organy spichrzowe” (172). W okresie dojrzewania następuje zmniejszenie koncentracji tego składnika w roślinach bobiku (12, 147, 152, 172), w roślinach grochu (101) oraz zbóż jarych (189, 190). Wapń z kolei wykazuje małą ruchliwość i raz doprowadzony do tkanki nie jest już z niej odprowadzany. Ulega dlatego akumulacji w starszych liściach, gdyż prąd transpiracyjny dłużej do nich dopływa. Zmniejszenie ilości wapnia w całych roślinach bobiku wraz z rozwojem i dojrzewaniem obserwowali B e n e d y c k a i N o w a k (12), R u t k o w s k i i F o r d o Ń s k i (152), a w roślinach pszenicy i pszenżyta W o j c i e s k a (189, 190). S t a r c k (172) podaje, że u wielu gatunków roślin dojrzewanie powoduje wzrost zawartości wapnia. W roślinach bobiku uprawianych w większym zagęszczeniu, a tym samym bardziej zacienionych, udział magnezu jest większy (172). W okresie od kwitnienia do dojrzewania w roślinach tego gatunku R u t k o w s k i i F o r d o Ń s k i (152) stwierdzili zmniejszenie się ilości tego składnika, natomiast B e n e d y c k a i N o w a k (12) nie zanotowali istotnych zmian w tym okresie.

Sód wpływa na gospodarkę wodną rośliny podobnie jak potas; zwiększa hydratację biokolooidów i podnosi potencjał osmotyczny komórek. Przy deficycie potasu sód może przejąć funkcje fizjologiczne tego makroskładnika. Spełnia ponadto wiele innych funkcji niezależnych od potasu.

Fizjologiczne funkcje makro- i mikroelementów są bardzo różnorodne; pierwiastki te są składnikami różnych związków organicznych wchodzących w skład struktur komórkowych, w tym również wielu enzymów i koenzymów. Ponadto odgrywają rolę w regulacji aktywności enzymów i ruchach roślin. Świadczy to o ich udziale prawie we wszystkich procesach życiowych.

Z przedstawionego przeglądu literatury wynika, iż zdecydowana większość prac dotyczących plonowania bobiku uwzględnia wpływ czynników agrotechnicznych, takich jak: termin, gęstość i głębokość siewu, poziom nawożenia, miejsce w zmianowaniu, zwalczanie chwastów, chorób i szkodników. W badaniach koncentrowano się głównie na: określeniu potencjalnych możliwości plonotwórczych, wartości pokarmowej nasion, zdolności wiązania azotu atmosferycznego, rejonizacji uprawy, wpływie warunków atmosferycznych na jego wzrost, zaburzeniach powodujących opadanie strąków, konkurencji o asymilaty między poszczególnymi organami. Niewiele jest jednak prac omawiających dynamikę przyrostu suchej masy i składników pokarmowych u odmian bobiku o zróżnicowanej budowie morfologicznej. W związku z tym podjęto badania pozwalające określić zawartość wybranych składników pokarmowych w poszczególnych organach samokończących i tradycyjnych odmian tego gatunku w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej.

3. METODYKA I WARUNKI BADAŃ

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 1993–1995 w RZD IUNG w Sadłowicach koło Puław. W latach 1993 i 1995 prowadzono je na madzie brunatnej średniej płytkiej zaliczonej do kompleksu pszennego wadliwego, klasy bonitacyjnej IIIa. Warstwę orną (0-30 cm) stanowił utwór pyłowy zwykły ciemnobrunatny przechodzący w jasnobrunatny, zalegający (40-100 cm) na piasku luźnym pylastym jasnobrunatnym. W roku 1994 bobik uprawiano na madzie ciężkiej brunatnej, kompleksu pszennego dobrego, klasy bonitacyjnej II. Średnia zawartość przyswajalnych składników wynosiła (mg/100 g gleby): P_2O_5 – 11,5-17,2; K_2O – 15,2-16,0; MgO – 14,0-27,3; a pH w 1n KCl – 6,7-7,1.

Doświadczenie zakładano jako łanowe, bezpowtórzeniowe. Czynnikiem I rzędu były odmiany bobiku o zróżnicowanej budowie morfologicznej: Nadwiślański, Bronto, Tibo, Martin i Caspar, a czynnikiem II rzędu była gęstość siewu: 50 i 70 nasion na 1 m². Powierzchnia pola do zbioru wynosiła, w zależności od roku badań, 17-38 arów. Przedplonem były zboża. Nawożenie mineralne zastosowano w następujących dawkach (kg/ha): 90 – P_2O_5 ; 130 – K_2O ; 20 – N. W 1993 roku, ze względu na opóźnioną wiosnę, siew wykonano 14 kwietnia, w 1994 roku 1 kwietnia, a w 1995 roku 21 marca. Nasiona zaprawiane Funabenem (100 g/100 kg nasion) oraz Nitraginą wysiewano na głębokość 7-8 cm, w rozstawie rzędów 20 cm. Do zwalczania chwastów dwuliściennych stosowano Sencor 70 WP w dawce 0,4 l/ha, a jednoliściennych – Fusilade (2,5-3 l/ha).

W okresie wegetacji bobiku notowano daty: wschodów, początku kwitnienia oraz zbrunatnienia 5-10 i 60-80% strąków. Od początku kwitnienia bobiku do dojrzałości pełnej z każdego pola losowo pobierano po 20 roślin co 7 dni. Na 10 roślinach określano wysokość osadzenia pierwszego i ostatniego węzła z kwiatami (strąkami), wysokość roślin, długość części owocującej pędu oraz liczbę międzywęzli do pierwszego owocującego węzła. Ocenie poddano również masę nasion, liczbę strąków i nasion, liczbę liści ogółem i liści zielonych na roślinie oraz liczbę nasion w strąku. Ponadto ustalano liczbę węzłów owocujących, liczbę strąków i nasion z węzła oraz procentową zawartość suchej masy w łodygach, liściach, strąkach i całych roślinach (pozostałe 10 roślin). Określano również stopień opadania strąków w okresie wegetacji jako stosunek liczby strąków na roślinie przed zbiorem do ich największej liczby w okresie wegetacji. Długość i szerokość strąków określano w 10 powtórzeniach w okresie od początku ich wytworzenia do początku ciemnienia pierwszych strąków (82 w skali BBA).

W liściach, łodygach, strąkach i całych roślinach (z każdego terminu pobierania) oraz w nasionach (po zbiorze) oznaczano zawartość popiołu surowego (wagowo w 550°C) i włókna surowego (wagowo). Po mineralizacji prób na drodze mokrej (steżony H_2SO_4 + perhydrol) oznaczano zawartość następujących makroelementów: N i P (spektrofotometria przepływową), K i Na (emisja spektrometrii płomieniowej), Ca i Mg (spektrometria absorpcji atomowej). Ponadto we wszystkich organach i całych roślinach określano zawartość tłuszczu surowego (wagowo wg Soxhleta) w trzech terminach: początku kwitnienia (61-62 w skali BBA), zawiązywania strąków (70-72 w skali BBA) i ciemnienia pierwszych strąków (82 w skali BBA).

W latach 1994 i 1995 w okresie od siewu do wschodów mierzono temperaturę gleby (na głębokości 10-12 cm). Po wschodach i przed zbiorem określano obsadę roślin na 1 m², a także oceniano wyleganie roślin w skali 9° (1 – wyleganie całkowite, 9 – brak wylegania). Ocenę zachwaszczenia wykonywano metodą bonitacyjną EWRC, a występowanie chorób w skali 9°. Po zbiorze oznaczano plon nasion oraz określano indeks żniwny (harvest index). Masę 1000 nasion określano z 2 prób po 500 szt., a procent nasion uszkodzonych przez strąkowca na podstawie 2 prób po 100 szt.

Okres wegetacji bobiku podzielono na trzy podokresy: siew-pełnia wschodów, pełnia wschodów-pełnia kwitnienia, pełnia kwitnienia-dojrzałość (zbrunatnienie 60-80%). Dla poszczególnych okresów obliczono sumy średnich temperatur (ST), przy temperaturze progowej 0°C, sumy opadów (SO) i usłonecznienia (godz.) oraz średnią względną wilgotności powietrza (%).

Istotności wpływu badanych czynników doświadczenia na obserwowane cechy oceniano za pomocą analizy wariancji, wyznaczając półprzedziały ufności testem Tukeya na poziomie istotności $\mu = 0,05$. Analizę ilościową zależności pomiędzy wybranymi cechami wykonano obliczając współczynniki korelacji i równania regresji programem Statgraphics Plus for Windows v.

4. OMÓWIENIE WYNIKÓW

4.1. WPLYW PRZEBIEGU POGODY NA WZROST I ROZWÓJ BOBIKU

Na podstawie danych meteorologicznych przeanalizowano wpływ przebiegu warunków pogodowych na gromadzenie składników pokarmowych, suchej masy i na plon nasion odmian bobiku o zróżnicowanej budowie morfologicznej. Sumy opadów w okresie od siewu do dojrzewania w latach 1994 i 1995 były podobne, natomiast w roku 1993 mniejsze. Znaczne zróżnicowanie w latach wystąpiło jednak w poszczególnych okresach rozwoju bobiku. W roku 1994 w okresie od siewu do wschodów i od wschodów do kwitnienia zanotowano największą ilość opadów, natomiast w okresie od kwitnienia do dojrzewania trzykrotnie mniej niż w pozostałych latach (tab. 1 i 2). W tym okresie zanotowano również znacznie mniejszą wilgotność powietrza (o ok. 11%) i największe usłonecznienie (większe o ok. 120-130 godz. niż w roku 1993) oraz wyższe temperatury powietrza (tab. 1). Było to prawdopodobnie główną przyczyną znacznego skrócenia okresu wegetacji i mniejszego plonu nasion w tym roku. Wskazuje to na duży wpływ nie tylko sumy opadów, ale również ich rozkładu w okresie wegetacji na rozwój i plonowanie roślin oraz kształtowanie elementów struktury plonu. Według J e u f f r o y'a i in. (88) w przypadku grochu nadmiar ciepła w okresie 6-12 dni po otwarciu się kwiatów jest przyczyną niewykształcania się lub zamierania zawiązków nasion i obniżki plonu nasion. N e y i in. (130) wskazują także na dużą wrażliwość zawiązków nasion grochu na wysoką temperaturę nim osiągną długość 6-8 mm. Odmiany bobiku o samokończącym typie rozwoju (Tinos i Martin) do osiągnięcia dojrzałości wymagały mniejszej sumy temperatur niż odmiany o tradycyjnym typie rozwoju. Odmiana Caspar natomiast wymagała nieco większej sumy temperatur do osiągnięcia fazy wschodów (tab. 1). Pomimo wcześniejszego o 3 tygodnie siewu w roku 1995 niż w 1994 zanotowano zbliżoną sumę temperatur dla poszczególnych odmian w okresie od siewu do dojrzałości bobiku.

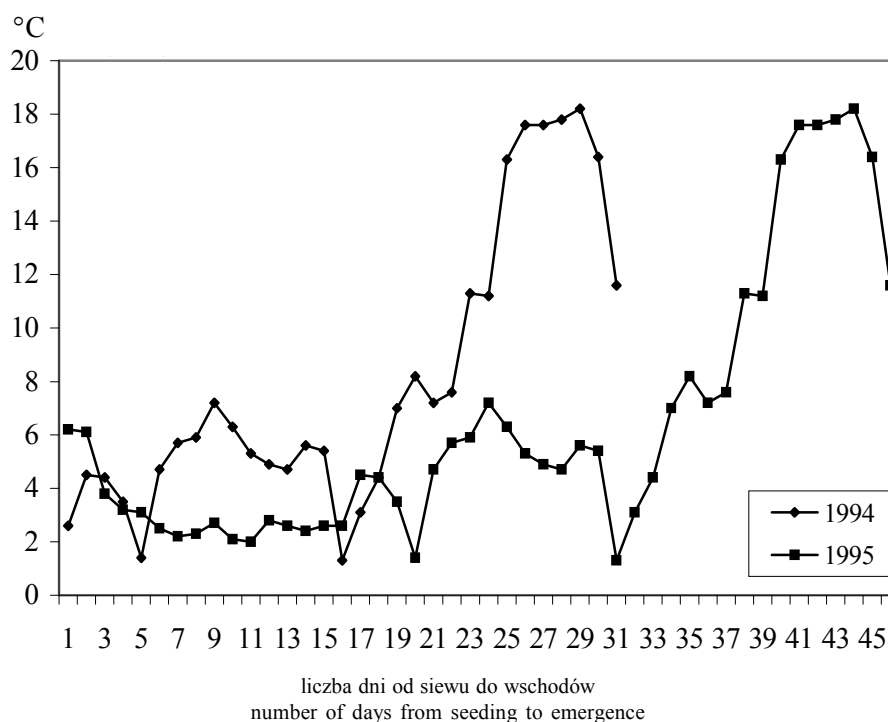
Niska temperatura gleby (na głębokości 10-12 cm) po siewie w 1995 roku spowodowała, iż wschody nastąpiły dopiero po 47 dniach, a w 1994 roku w korzystniejszych warunkach termicznych – po 31 dniach (rys. 1).

Szczegółowe obserwacje rozwoju bobiku wykazały, że niezależnie od terminu siewu i przebiegu warunków pogodowych w danym roku najwcześniej zakwitwały i dojrzewały rośliny samokończących odmian Tinos i Martin. Najdłuższy okres wegetacji i najpóźniejszy termin dojrzewania charakteryzował odmianę Nadwiślański. Zróżnicowana obsada roślin nie wpłynęła na tempo rozwoju roślin badanych odmian.

Tabela 2

Średnie wieloletnie wartości wybranych elementów meteorologicznych dla Puław
The average values of selected meteorological parameters for Puławy

Średnie z wielolecia Average values	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnie dobowe temp. pow. Daily mean temperature (1871–2000)	-3,3	-2,3	1,6	7,8	13,4	16,8	18,4	17,3	13,2	8,0	2,7	-1,3
Sumy opadów (mm) Sum of precipitation (1871–2000)	30	29	30	41	57	71	84	75	51	44	39	37
Usłonecznienie (godz.) Sunshine duration (hours) (1921–2000)	7	61	118	157	221	228	230	215	153	109	47	34
Wilgotność względna (średnia dobowo); (%) Relative humidity (%) (daily mean) (1951–1990)	87,9	85,8	79,1	73,1	72,1	72,1	72,3	73,1	74,4	79,6	86,9	89,4



Rys. 1. Średnia temperatura gleby w okresie wschodów bobiku
Average of soil temperature at faba bean emergence

4.2. DYNAMIKA GROMADZENIA SIĘ SKŁADNIKÓW POKARMOWYCH

Obsada roślin bobiku przed zbiorem była mniejsza niż liczba wysiewanych nasion, dlatego w omówieniu wyników uwzględniono rzeczywistą liczbę roślin na jednostce powierzchni w danym roku lub średnią z trzech lat.

Zwiększenie zagęszczenia roślin z 46 do 65 szt./m² nie miało znaczącego wpływu na kształtowanie się zawartości suchej masy, azotu, tłuszczu surowego, związków bezazotowych wyciągowych, fosforu, wapnia, magnezu i sodu w liściach, strąkach, łodygach i całych roślinach. Mały był również wpływ tego czynnika na zawartość włókna surowego, chociaż nieco więcej tego składnika zawierały rośliny uprawiane w łanie o mniejszej obsadzie roślin. W związku z tym zawartość tych składników omówiono jako średnią dla obu zastosowanych gęstości siewu. Obsada roślin oddziaływała natomiast na gromadzenie się popiołu i potasu; więcej tych składników znajdowało się w poszczególnych organach i całych roślinach w łanie o większej obsadzie na jednostce powierzchni.

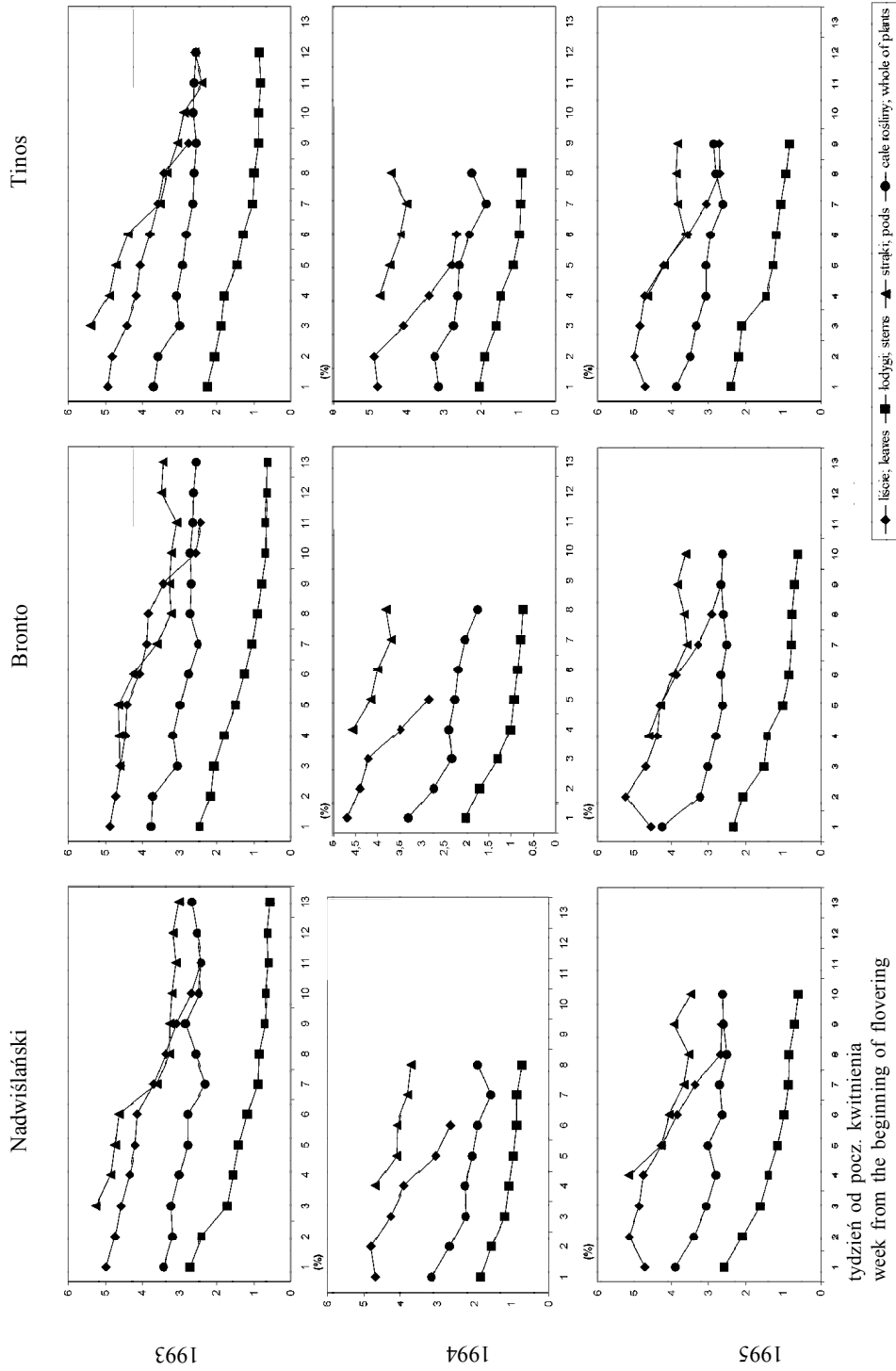
4.2.1. Azot ogólny

Największą zawartość azotu w liściach, łodygach, strąkach, jak i w całych roślinach bobiku zanotowano w okresie kwitnienia roślin (rys. 2 i 2a). W miarę ich rozwoju i dojrzewania zawartość azotu malała, przy czym dynamika tego procesu była zróżnicowana w poszczególnych organach. Zmniejszanie się ilości azotu najszybciej przebiegało w liściach, wolniej w całych roślinach i łodygach, a najwolniej w strąkach. Ponadto ubytek azotu w liściach był wolniejszy w latach o korzystnym przebiegu warunków pogodowych niż w roku suchym.

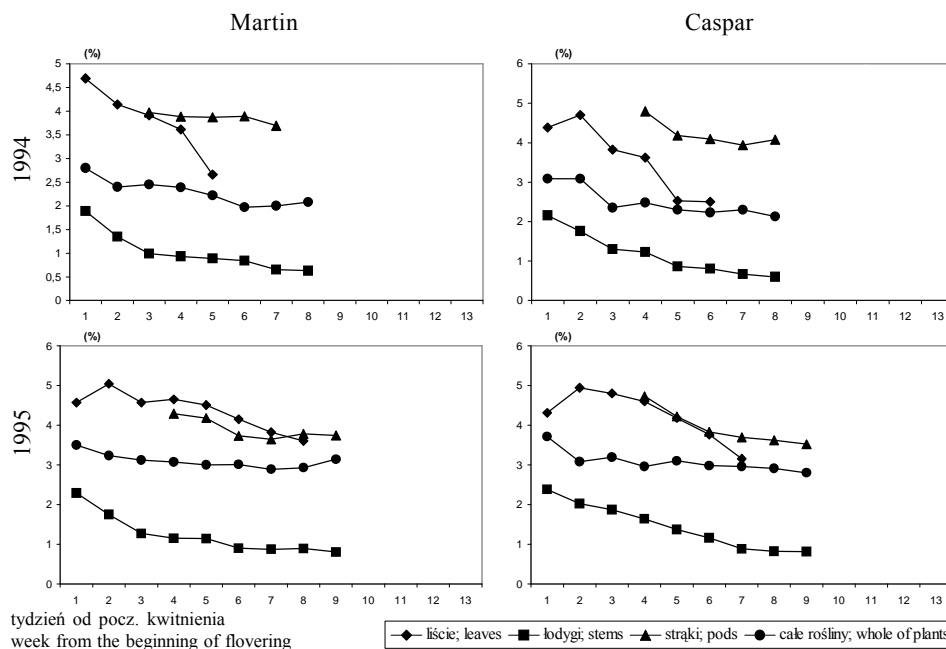
Poszczególne organy bobiku różniły się znacznie zawartością azotu. W pierwszych terminach oznaczeń (61-64 w skali BBA), przed pojawieniem się strąków, największą jego zawartością odznaczały się liście, a od momentu wytworzenia strąków one zawierały najwięcej azotu. Tylko w roku 1995 liście odmiany Caspar w okresie od kwitnienia do ciemnienia pierwszych strąków zawierały więcej azotu niż strąki, a taką samą jego koncentrację w liściach, jak i w strąkach tej odmiany zanotowano pod koniec okresu wegetacji. Najmniej azotu było gromadzone w łodygach.

Zróżnicowane w latach prowadzenia badań warunki atmosferyczne w okresie od kwitnienia do dojrzewania bobiku wpływały na gromadzenie azotu. W latach korzystnych (1993 i 1995) dla roślin pod względem rozkładu opadów i temperatury powietrza w omawianym okresie mniej azotu zawierały strąki, natomiast więcej całe rośliny. Zawartość azotu w łodygach i liściach w poszczególnych latach była podobna, niezależnie od warunków pogodowych.

Analiza zawartości azotu w poszczególnych organach roślin nie wykazała znaczącego zróżnicowania między odmianami niezależnie od ich budowy morfologicznej. Wyjątek stanowiły dwie odmiany: Caspar, której łodygi i strąki zawierały mniej



Rys. 2. Zawartość azotu (% s.m.)
Nitrogen content (% d.m.)



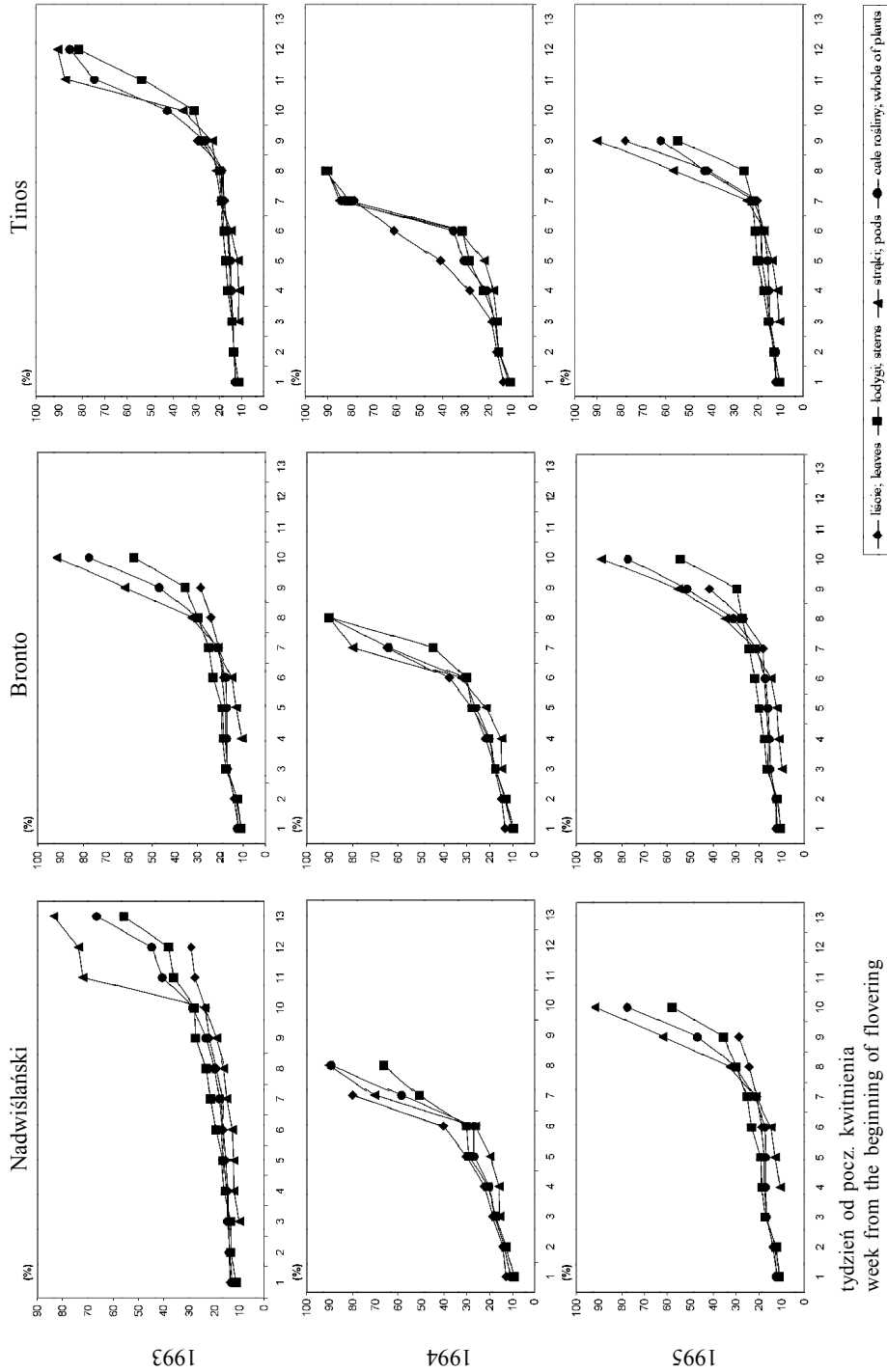
Rys. 2a. Zawartość azotu (% s.m.)
Nitrogen content (% d.m.)

tego składnika niż te same organy pozostałych odmian oraz odmiana Martin – charakteryzująca się mniejszą zawartością azotu w liściach.

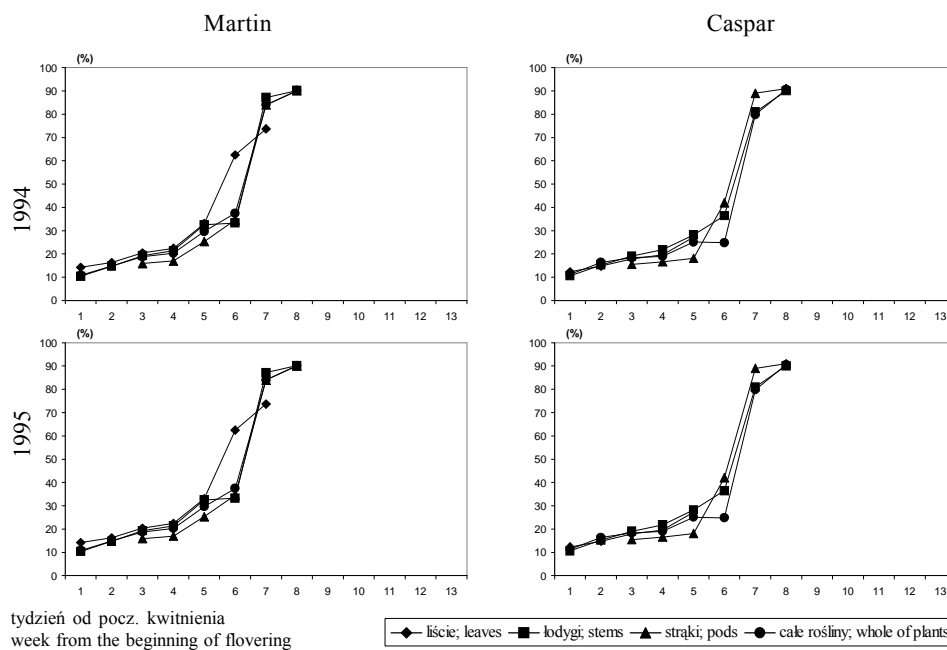
4.2.2. Sucha masa

W okresie od początku kwitnienia, przez cztery tygodnie przyrost suchej masy był bardzo powolny na ogół we wszystkich organach (rys. 3 i 3a). Po tym okresie nastąpił szybki przyrost suchej masy – największy w strąkach i łodygach, mniejszy w całych roślinach, natomiast w liściach był stosunkowo stabilny.

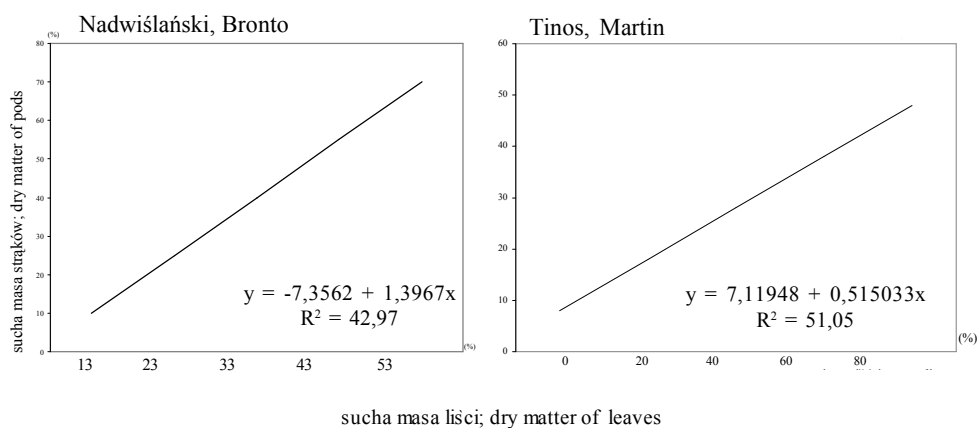
Zawartość suchej masy w liściach i łodygach bobiku w okresie od początku kwitnienia (62 w skali BBA) i pojawiania się pierwszych strąków (71 w skali BBA) do w pełni wykształconych pierwszych strąków (78 w skali BBA) była większa niż zawartość w strąkach. Natomiast od początku ciemnienia pierwszych strąków (81 w skali BBA) odnotowano znacznie większą zawartość suchej masy w strąkach niż w liściach i łodygach; jest to związane z przepływem składników pokarmowych do organów zapasowych (strąk – nasiona). Oznaczenia zawartości suchej masy wykazały również, że w początkowym okresie kwitnienia koncentracja suchej masy w liściach była większa niż w łodygach, zaś od piątego terminu (68 w skali BBA) zależność ta kształtowała się odwrotnie. Po kwitnieniu roślin nastąpił szybszy przyrost suchej masy w łodygach niż w liściach.



Rys. 3. Zawartość suchej masy (%)
Dry matter content(%)



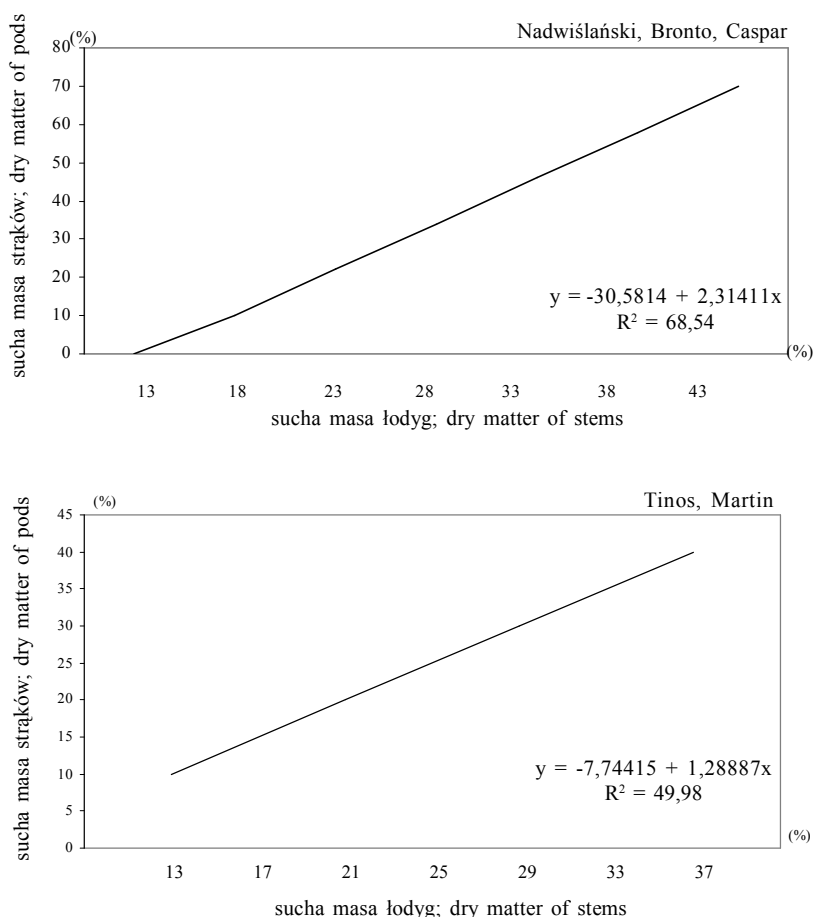
Rys. 3a. Zawartość suchej masy (%)
Dry matter content (%)



Rys. 4. Zależność zawartości suchej masy w strąkach od zawartości suchej masy w liściach
Relationship between dry matter of pods and dry matter of leaves

Znaczny wpływ na tempo gromadzenia się suchej masy miały warunki pogodowe. W roku o ograniczonej ilości opadów, dużym usłonecznieniu i wysokiej temperaturze w okresie od kwitnienia do dojrzałości obserwowano, że rośliny wcześniej osiągały kolejne fazy rozwojowe i zawierały więcej suchej masy, przy czym liście i strąki odmian samokończących gromadziły jej więcej niż liście i strąki odmian o niezdeterminowanym typie wzrostu.

Stwierdzono istnienie dodatniej korelacji między zawartością suchej masy w strąkach bobiku a jej zawartością w łodygach i liściach (rys. 4 i 5). U odmian o tradycyjnym typie rozwoju związek między zawartością suchej masy w strąkach i łodygach był znacznie silniejszy niż między zawartością w strąkach i liściach (wyższy współczynnik determinacji R^2). Natomiast u odmian samokończących zależności te były podobne. Związek zawartości suchej masy w strąkach od jej zawartości w łodygach był ściślejszy u odmian tradycyjnych niż u samokończących,



Rys. 5. Zależność zawartości suchej masy w strąkach od zawartości suchej masy w łodygach
Relationship between dry matter of pods and dry matter of stems

co może mieć wpływ na lepsze plonowanie tradycyjnych odmian bobiku w porównaniu z odmianami samokończącymi.

4.2.3. Związki bezazotowe wyciągowe

W pracy uwzględniono wyniki oznaczeń zawartości związków bezazotowych wyciągowych w próbach z trzech terminów (w strąkach – z dwóch terminów) oznaczeń, ponieważ wyniki uzyskane w odstępach tygodniowych były mało zróżnicowane (tab. 3).

W okresie od fazy początku kwitnienia do fazy ciemnienia pierwszych strąków wzrastała na ogół zawartość związków bezazotowych wyciągowych w liściach, strąkach (od fazy ich zawiązywania się) i w całych roślinach (tab. 3). Zawartość ich w łodygach była bardziej zróżnicowana, przy czym w fazie ciemnienia pierwszych strąków było na ogół mniej tych związków niż na początku kwitnienia roślin.

Liście odmian o niezdeteminowanym typie rozwoju (Nadwiślański i Bronto) zawierały więcej związków bezazotowych niż liście odmian Tinos, Martin i Caspar. W strąkach i łodygach odmian Nadwiślański, Bronto, Tinos i Caspar koncentracja węglowodanów była podobna, natomiast w tych samych organach u odmiany Martin mniejsza o około 2-3%. Całe rośliny odmian o tradycyjnym typie rozwoju oraz odmian samokończących Martin i Tinos charakteryzowała zbliżona ilość tych związków, natomiast rośliny białokwitnącej odmiany Caspar w porównaniu z roślinami pozostałych odmian były bogatsze w węglowodany.

Zróżnicowany przebieg warunków atmosferycznych w latach miał niewielki wpływ na gromadzenie związków bezazotowych wyciągowych w poszczególnych organach, jak i w całych roślinach bobiku. Z analizy zawartości tych związków w liściach, strąkach, łodygach i całych roślinach ocenianych odmian wynika, że największa ich zawartość charakteryzowała strąki, najmniejsza zaś łodygi.

Tabela 3

Zawartość związków bezazotowych wyciągowych (% s.m.)
Nitrogen free extract content (% d.m.)

Odmiana Cultivar	Faza rozwojowa Development stage	Liście Leaves			Łodygi Stems			Strąki Pods			Całe rośliny Whole plants		
		1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Nadwiślański	a	48,8	50,9	44,8	42,8	42,4	47,9	-	-	-	46,4	47,4	3,12
	b	51,9	47,9	46,2	45,7	45,2	43,6	56,4	57,8	53,2	45,8	44,7	46,6
	c	54,6	52,2	57,1	44,2	39,8	43,5	57,2	56,4	55,1	49,6	45,8	52,0
Bronto	a	49,4	49,6	45,1	46,4	43,6	40,8	-	-	-	46,4	40,5	42,0
	b	50,1	57,0	46,3	41,4	44,6	42,4	55,9	55,0	50,0	47,0	45,0	43,0
	c	56,6	-	56,4	42,7	42,5	38,5	56,6	58,0	57,1	51,7	45,7	51,7
Tinos	a	50,2	44,5	43,7	43,4	43,4	46,3	-	-	-	47,1	40,9	45,0
	b	51,4	50,9	42,4	43,7	43,9	39,6	55,5	53,7	52,4	44,8	46,4	46,2
	c	-	54,0	44,8	39,4	43,2	38,3	56,8	56,8	54,2	47,9	43,1	50,7
Martin	a	-	47,8	46,0	-	41,8	45,6	-	-	-	-	40,2	44,2
	b	-	48,1	44,4	-	43,4	40,6	-	51,1	50,3	-	47,8	42,9
	c	-	-	-	-	36,7	37,6	-	56,5	56,8	-	46,6	50,2
Caspar	a	-	48,2	44,6	-	42,9	41,9	-	-	-	-	45,8	45,2
	b	-	50,1	44,7	-	49,0	46,1	-	59,0	51,7	-	51,5	44,6
	c	-	-	46,2	-	40,4	40,2	-	57,1	57,6	-	50,6	52,4

a – początek kwitnienia (62 BBA); beginning of flowering

b – zawiązywanie strąków (70-72 BBA); pod setting

c – ciemnienie pierwszych strąków (82 BBA); first pods became brown

4.2.4. Tłuszcz surowy

Zawartość tłuszczu omówiono na podstawie wyników analiz wykonanych w tych samych terminach co zawartość związków bezazotowych wyciągowych.

Zmiany zawartości tłuszczu surowego w miarę dojrzewania roślin bobiku następowały zarówno w strąkach, liściach i łodygach, jak i w całych roślinach (tab. 4). Więcej tłuszczu zawierały strąki bobiku w fazie zawiązywania się (70-72 w skali BBA) niż w fazie ciemnienia pierwszych strąków (82 w skali BBA). W odniesieniu do całych roślin i łodyg największą zawartość tłuszczu stwierdzano na ogół w fazie początku kwitnienia, a najmniejszą w fazie ciemnienia pierwszych strąków. Tylko w łodygach odmian Nadwiślański w roku 1993 i Tinos w roku 1995 największą koncentrację tego składnika odnotowano w fazie ciemnienia pierwszych strąków.

Liście odmian o tradycyjnym typie rozwoju, tj. Nadwiślański i Bronto oraz biało kwitnącej odmiany Caspar więcej tłuszczu zawierały w fazie zawiązywania strąków (70-72 w skali BBA). W liściach odmian o samokończącym typie rozwoju zmiany zawartości tego składnika miały zróżnicowany przebieg. W latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej (1993 i 1995) więcej tłuszczu gromadziły one w okresie zawiązywania się strąków, natomiast w roku suchym – w fazie kwitnienia bobiku. Mogło to być spowodowane szybszym tempem dojrzewania roślin odmian samokończących w porównaniu z tradycyjnymi.

Porównanie zawartości tłuszczu w organach roślin bobiku wskazuje na małe zróżnicowanie między odmianami w analizowanym okresie, niezależnie od ich budowy morfologicznej. Wyjątek stanowiły liście odmiany Martin o większej zawartości tłuszczu niż u pozostałych odmian. Największa zawartość tłuszczu występowała w liściach, a najmniejsza w łodygach.

Wpływ warunków pogodowych na zawartość tłuszczu w omawianych organach roślin bobiku był zróżnicowany. Liście, strąki i całe rośliny w roku o ograniczonej ilości opadów w okresie od kwitnienia do dojrzałości zawierały mniej tego składnika niż w latach o większej ilości opadów i większej wilgotności powietrza. Natomiast w łodygach najczęściej tłuszczu zanotowano w roku 1995, a najmniej w roku 1993. Jest to trudne do wyjaśnienia, gdyż przebieg warunków atmosferycznych w tych latach był podobny.

4.2.5. Włókno surowe

W okresie od kwitnienia do dojrzewania roślin zwiększała się zawartość włókna we wszystkich organach bobiku (rys. 6, 6a). Najwięcej przyrastało go w łodygach, najmniej zaś w liściach i strąkach. Jednocześnie odnotowano, że w okresie kwitnienia roślin dynamika wzrostu zawartości włókna w organach odmian samokończących była większa niż odmian o niezdeterminowanym typie rozwoju.

Największa zawartość włókna charakteryzowała łodygi wszystkich porównywanych odmian, zaś najmniejsza liście, a od momentu zawiązania się – również

Tabela 4

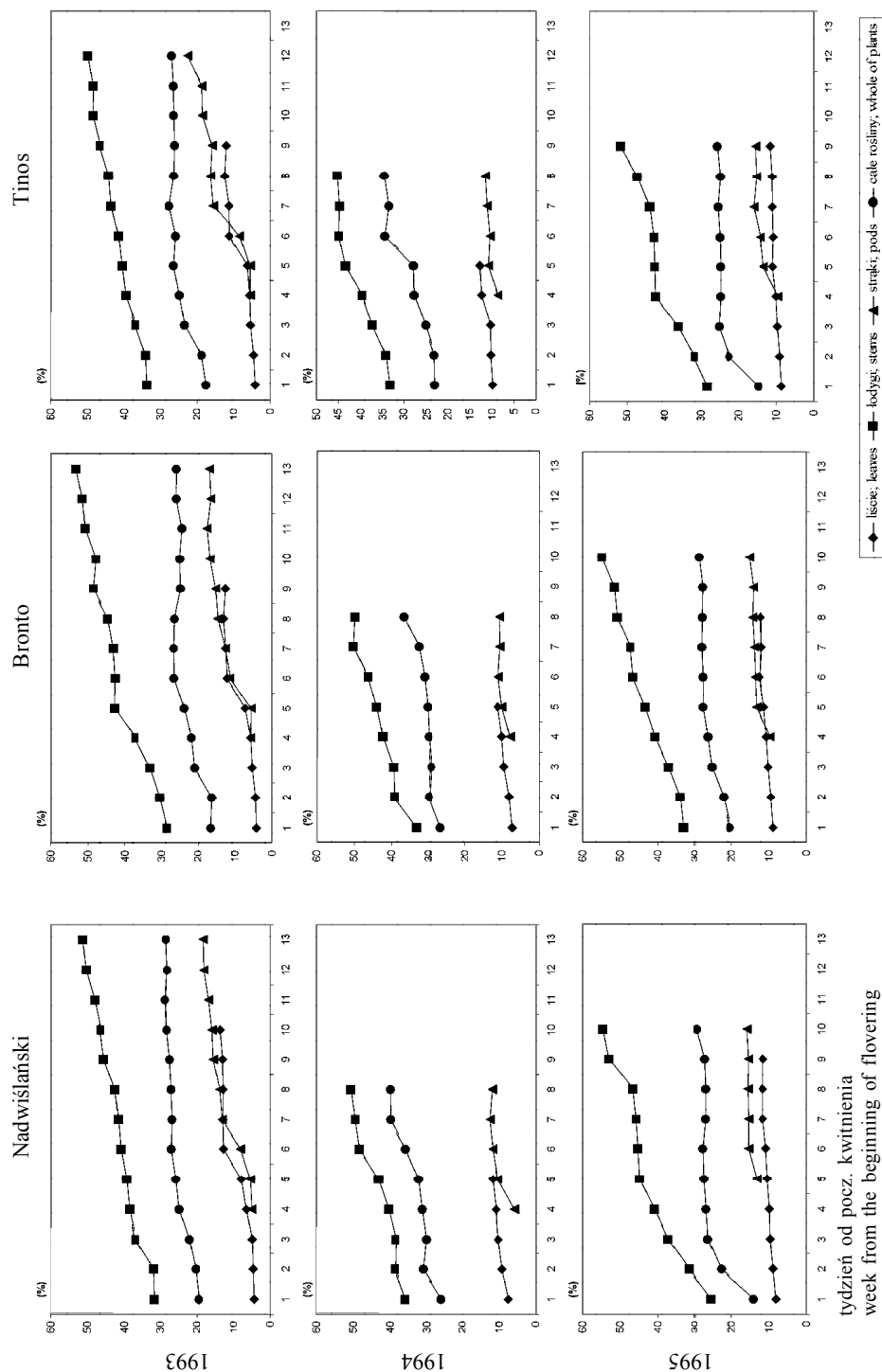
Zawartość tłuszczu surowego (% s.m.)
Crude fat content (% d.m.)

Odmiana Cultivar	Faza rozwojowa Development stage	Liście Leaves			Łodygi Stems			Strąki Pods			Całe rośliny Whole plants		
		1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Nadwiślański	a	4,37	2,78	4,86	1,52	1,72	2,57	-	-	-	3,12	2,76	4,04
	b	3,80	2,93	5,50	1,17	1,92	2,30	2,54	2,60	2,92	2,45	2,94	2,86
	c	3,83	2,63	3,96	1,72	1,11	1,15	1,67	1,49	1,66	2,00	1,35	2,50
Bronto	a	4,27	3,92	5,42	1,85	1,85	2,92	-	-	-	3,10	2,50	3,98
	b	4,56	4,81	5,46	1,08	1,52	2,61	2,88	2,84	3,11	2,04	2,16	3,23
	c	3,89	-	4,60	1,17	1,09	2,44	1,25	1,30	2,14	1,41	1,26	1,76
Tinos	a	3,92	4,47	3,68	2,05	2,72	1,64	-	-	-	2,78	3,69	3,28
	b	4,19	2,98	4,86	1,03	1,69	2,12	2,95	1,70	2,85	2,62	1,79	2,08
	c	-	2,77	5,37	1,76	1,67	2,40	1,20	1,10	1,56	1,59	1,27	1,76
Martin	a	-	5,21	5,50	-	2,71	3,07	-	-	-	-	3,42	4,94
	b	-	4,27	6,37	-	2,92	2,96	-	2,49	2,38	-	2,65	3,13
	c	-	-	-	-	1,62	2,62	-	1,61	1,40	-	1,67	1,88
Caspár	a	-	3,84	4,70	-	1,55	2,74	-	-	-	-	2,62	3,62
	b	-	4,01	6,01	-	1,21	2,09	-	2,50	2,22	-	1,63	3,12
	c	-	-	6,18	-	1,29	1,43	-	1,30	1,75	-	1,28	2,31

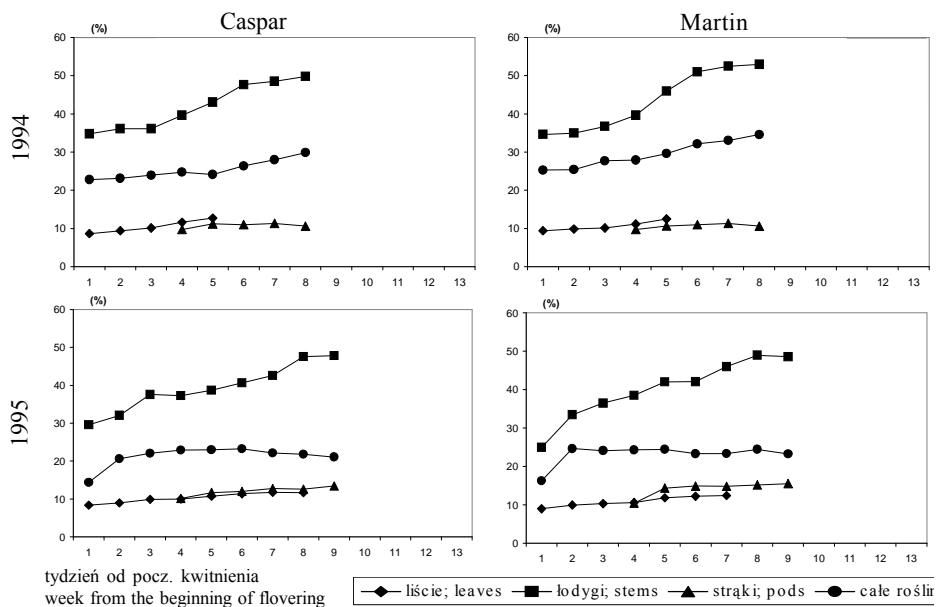
a – początek kwitnienia (62 BBA); beginning of flowering

b – zawiązywanie strąków (70-72 BBA); pod setting

c – czerwienie pierwszych strąków (82 BBA); first pods became brown



Rys. 6. Zawartość włókna surowego (% s.m.)
Crude fibre content (% d.m.)



Rys. 6a. Zawartość włókna surowego (% s.m.)
Crude fibre content (% d.m.)

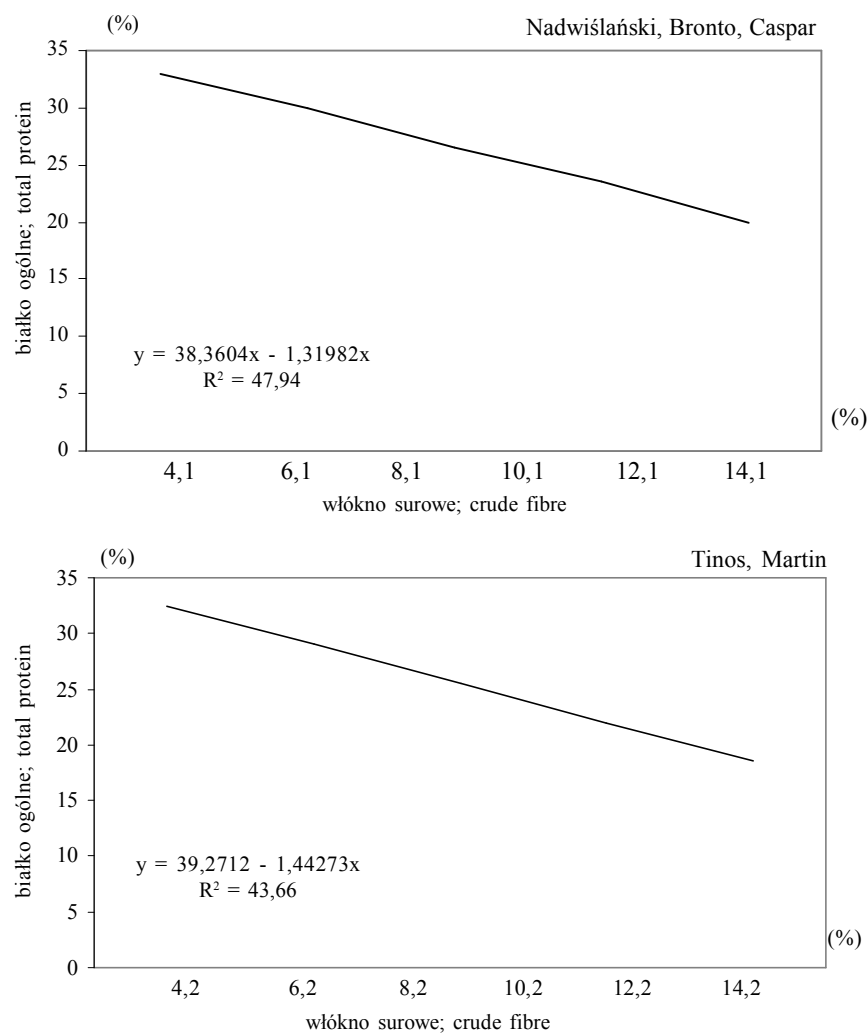
strąki. Liście odmian samokończących Tinos i Martin na początku kwitnienia (61 w skali BBA) zawierały więcej włókna niż liście odmian Nadwiślański, Bronto i Caspar o niezdeteminowanym typie rozwoju. Najmniej włókna zawierały łodygi odmiany Caspar, a najwięcej łodygi odmian tradycyjnych – Nadwiślański i Bronto. Różnice w zawartości włókna w strąkach i całych roślinach były niewielkie. Wydaje się, iż większy wpływ na jego zawartość miał przebieg warunków atmosferycznych przed zawiązaniem strąków oraz w okresie ich wypełniania się niż typ rozwojowy odmiany.

Zawartość włókna była też związana z warunkami pogodowymi. Więcej włókna zawierały łodygi i całe rośliny bobiku w roku suchym niż w wilgotnym. W roku suchym rośliny w znacznie wcześniejszym terminie zawierały taką samą ilość włókna, jak w latach o większej ilości opadów. Ponadto w roku suchym obserwowano znacznie większą dynamikę wzrostu jego zawartości. W latach o warunkach termicznych i wilgotnościowych zbliżonych do średnich z wielolecia zawartość włókna w liściach i strąkach była niemal jednakowa, natomiast w roku o ograniczonej ilości opadów strąki zawierały mniej włókna niż liście.

Z oceny zawartości włókna w liściach, strąkach, łodygach i całych roślinach porównywanych odmian wynika, iż znaczące różnice wystąpiły tylko w łodygach; najmniejsza jego zawartość charakteryzowała łodygi odmiany Caspar, a znacznie większa łodygi – odmian Nadwiślański i Bronto.

W liściach ocenianych odmian stwierdzono ujemną (istotną) korelację między zawartością białka a zawartością włókna – silniejsza zależność wystąpiła u odmian

niezdeteminowanym typie rozwoju (rys. 7). Zwiększenie zawartości włókna o 1% u odmian o tradycyjnym typie rozwoju powodowało zmniejszenie zawartości białka o około 1,32%, a u odmian samokończących o 1,44% (rys. 7).



Rys. 7. Zależność zawartości białka ogólnego w liściach od zawartości włókna w liściach
Relationship between total prtoteine content and crude fibre content in leaves

4.3. DYNAMIKA GROMADZENIA SIĘ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH

4.3.1. Popiół surowy

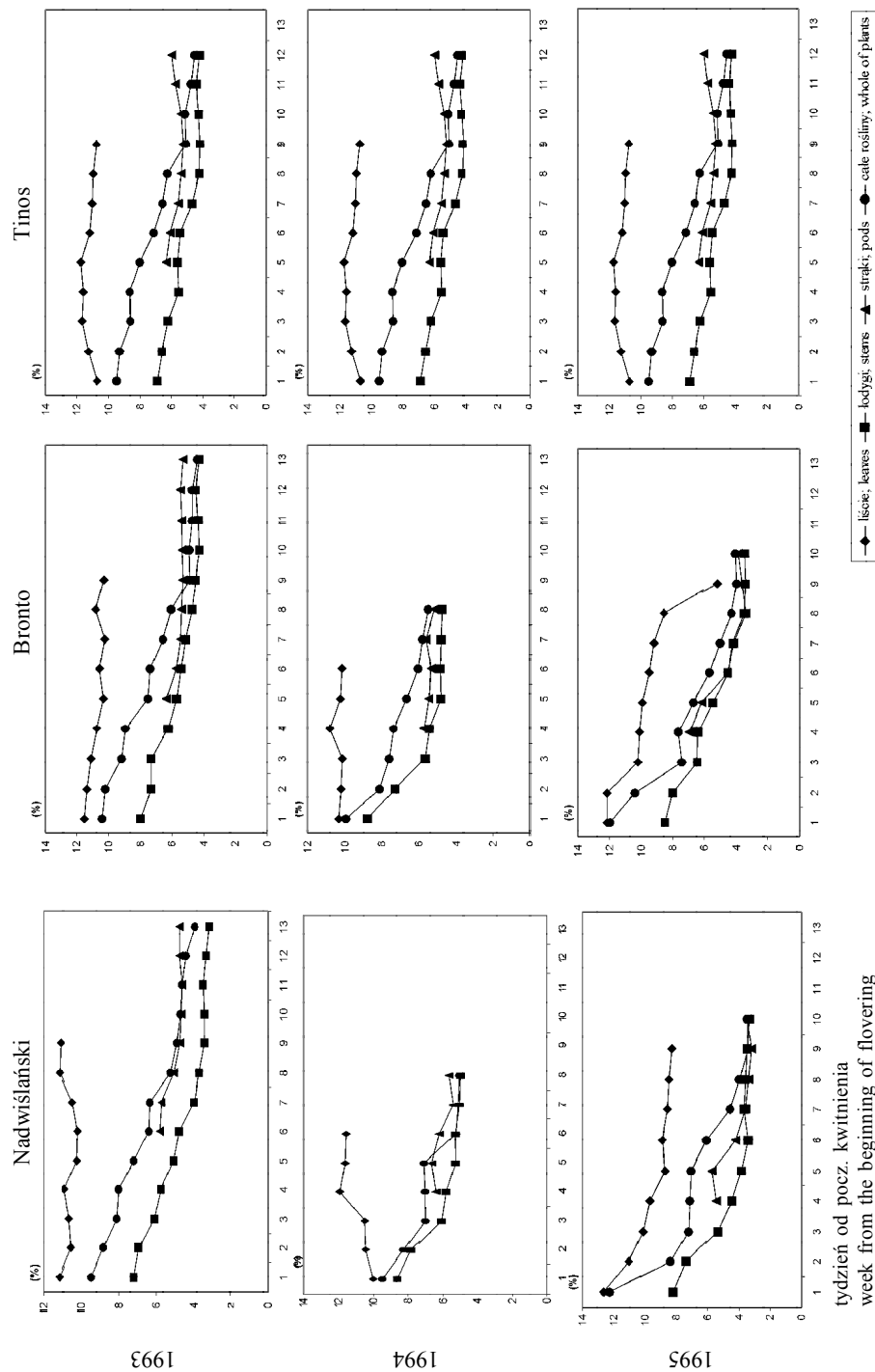
W strąkach, łodygach i całych roślinach wraz z rozwojem bobiku następowało ograniczenie zawartości popiołu, jedynie w liściach zmiany te nie były tak regularne (rys. 8 i 8a). W liściach odmian Nadwiślański i Bronto w latach 1993 i 1994, odmian Caspar i Martin w roku 1994 oraz Tinos w każdym z trzech lat zawartość popiołu nie zmieniała się w miarę rozwoju roślin lub wykazywała tendencję wzrostową, natomiast w roku 1995 w liściach odmian Nadwiślański, Bronto, Caspar i Martin ulegała istotnemu zmniejszeniu.

Najwięcej składników mineralnych zawierały liście, najmniej zaś łodygi, przy czym w liściach odmian samokończących Tinos i Martin składników tych było więcej niż w liściach odmian o tradycyjnym typie rozwoju. W całych roślinach ocenianych odmian bobiku, niezależnie od ich budowy morfologicznej, zawartość popiołu była podobna. W okresie kwitnienia łodygi badanych odmian zawierały zbliżoną ilość popiołu, natomiast przed zbiorem łodygi odmian samokończących gromadziły więcej składników mineralnych niż łodygi odmian o tradycyjnym typie rozwoju. Ponadto liście, średnio, w całym ocenianym okresie zawierały mniej popiołu w roku 1995 niż w pozostałych latach. Mogło to być spowodowane większą zawartością potasu i fosforu w glebie, na której był uprawiany w tym roku bobik. Z kolei w strąkach odmian Bronto, Tinos, Martin i Caspar zawartość popiołu była podobna, a w strąkach odmiany Nadwiślański mniejsza o około 0,5%.

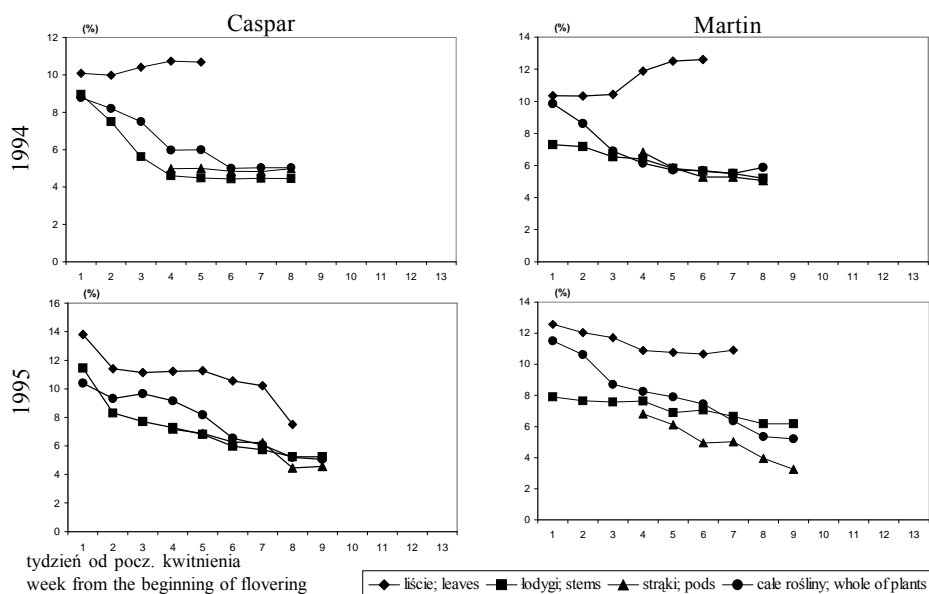
Strąki i całe rośliny odmian Nadwiślański, Bronto, Tinos i Martin w roku suchym w okresie dojrzewania zawierały więcej popiołu niż w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej. Tylko w roślinach odmiany Caspar zawartość ta była podobna w roku suchym, jak w latach wilgotnych. W warunkach suszy glebowej, w okresie od kwitnienia do dojrzewania w liściach bobiku wystąpiło zwiększenie zawartości popiołu, natomiast w latach o większej ilości opadów stwierdzono ograniczenie zawartości składników mineralnych, zwłaszcza u odmian o niezdeterminowanym typie rozwoju (Nadwiślański i Bronto).

4.3.2. Fosfor

Ocena zawartości fosforu w poszczególnych organach, jak i całych roślinach bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzewania wykazała, iż znaczący wpływ na jego gromadzenie miały warunki pogodowe (rys. 9 i 9a). W latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej, w liściach, łodygach i strąkach malała zawartość fosforu, natomiast w całych roślinach bobiku następowały małe zmiany lub niewielki wzrost jego zawartości. W warunkach suszy glebowej, w strąkach zawartość tego pierwiastka nie zmieniała się, a w pozostałych organach ulegała zmniejszeniu. Ponadto stwierdzono, iż całe rośliny odmian Martin i Caspar w warunkach



Rys. 8. Zawartość popiołu surowego (% s.m.)
Ash content crude (% d.m.)



Rys. 8a. Zawartość popiołu surowego (% s.m.)
Ash crude content (% d.m.)

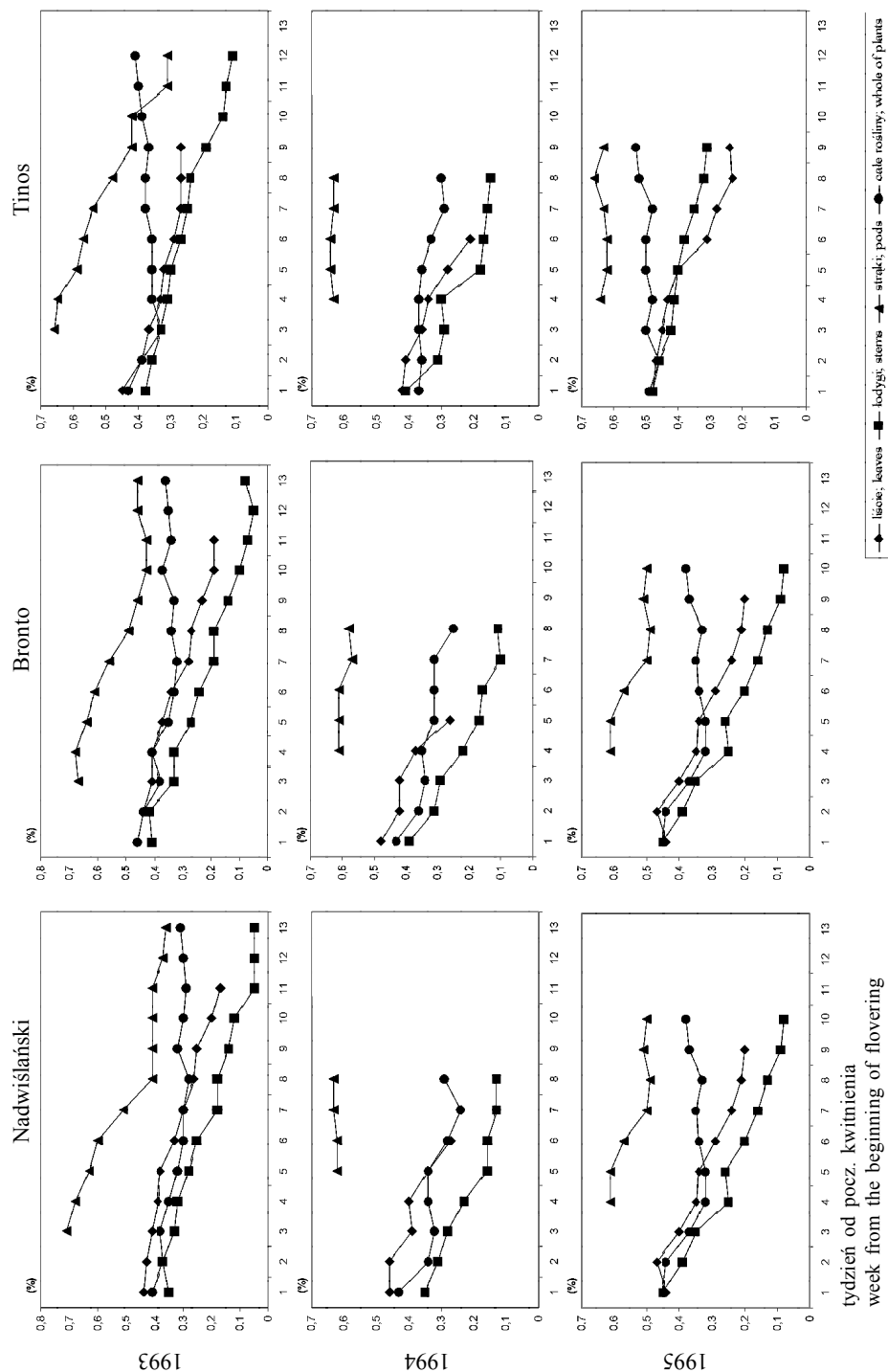
małej ilości opadów zawierały znacznie mniej fosforu niż w warunkach większej wilgotności gleby.

Najwięcej fosforu zawierały strąki, a wcześniej przed ich zawiązaniem się najwięcej było go w liściach. Znaczniejsza różnica w zawartości tego składnika między strąkami a pozostałymi organami wystąpiła w roku o ograniczonej ilości opadów w okresie wegetacji. Spośród wszystkich analizowanych części roślin najmniej fosforu zawierały łodygi.

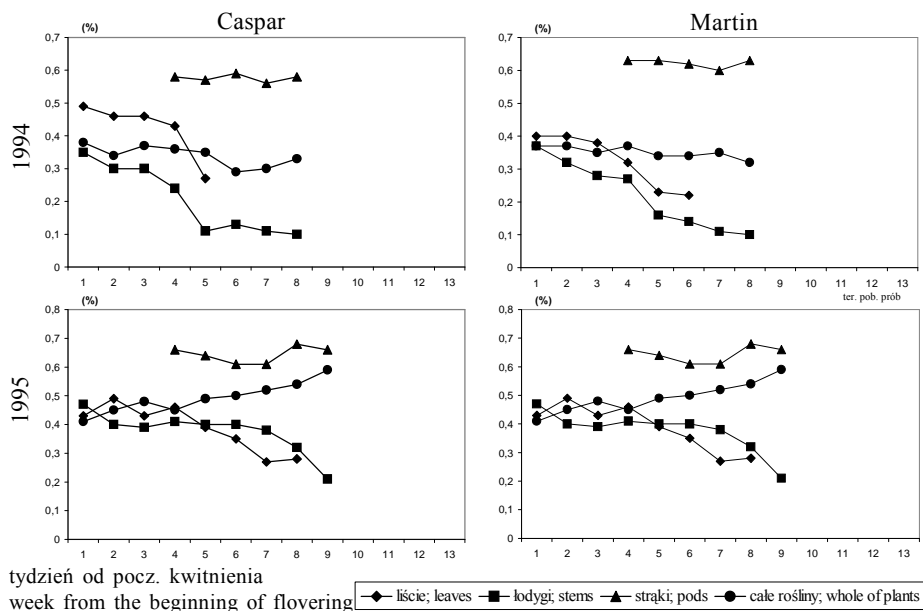
Liście, strąki i całe rośliny ocenianych odmian niezależnie od typu morfologicznego gromadziły podobną ilość fosforu. W okresie kwitnienia w łodygach wszystkich porównywanych odmian zawartość fosforu była również podobna. Natomiast w okresie dojrzewania w łodygach samokończących odmian Tinos i Martin oraz białokwitnącej odmiany Caspar było znacznie więcej (2–3-krotnie) fosforu niż w łodygach odmian o tradycyjnym typie rozwoju (Nadwiślański i Bronto).

4.3.3. Potas

W miarę wzrostu i dojrzewania roślin następowało zmniejszanie się zawartości potasu w poszczególnych organach i całych roślinach bobiku (rys. 10 i 10a). Stwierdzono również, iż w strąkach różnica między zawartością tego składnika w fazie kwitnienia a zawartością w czasie dojrzewania była mniejsza niż w pozostałych organach.



Rys. 9. Zawartość fosforu (% s.m.)
Phosphorus content (% d.m.)

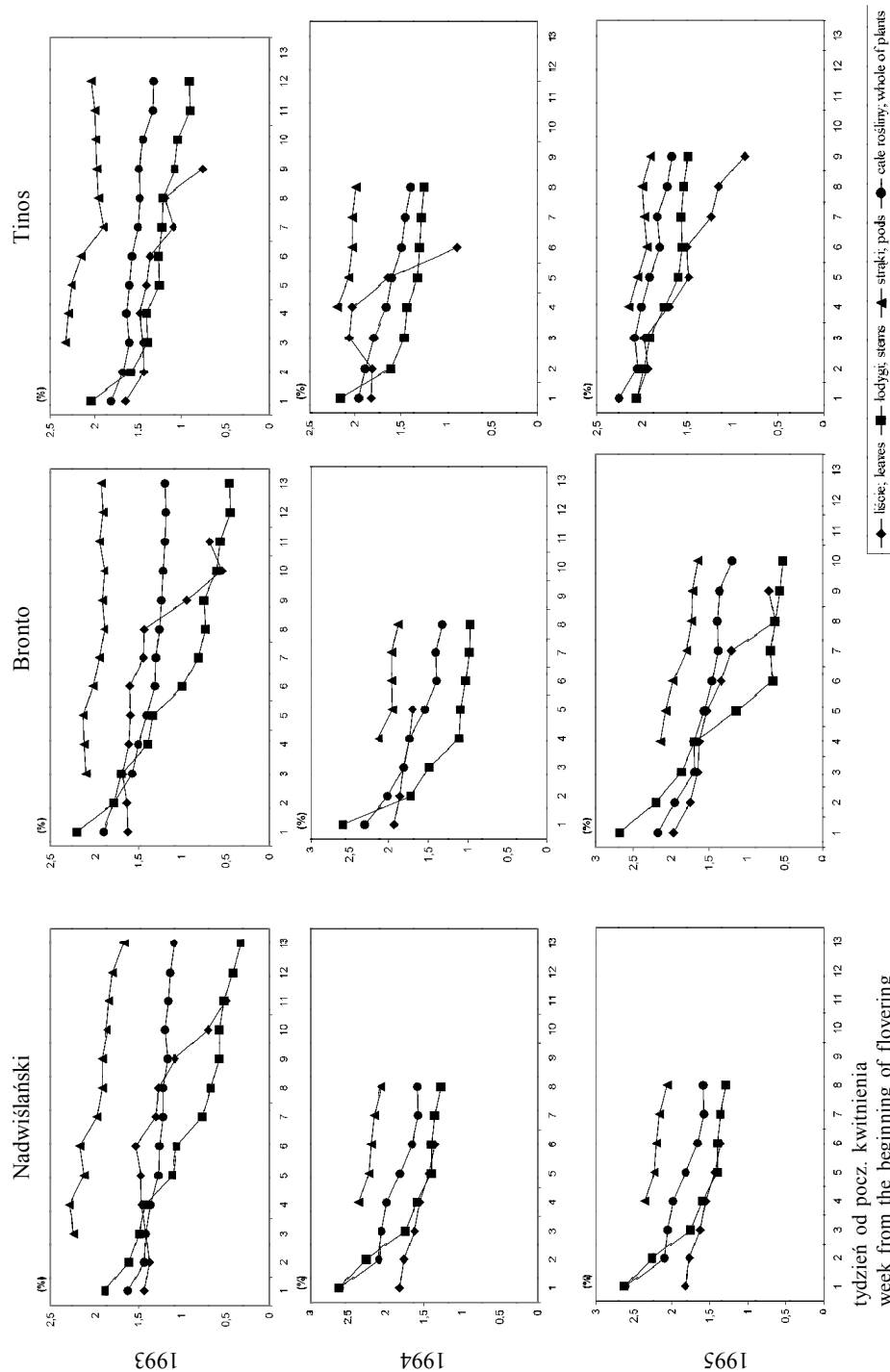


Rys. 9a. Zawartość fosforu (% s.m.)
Phosphorus content (% d.m.)

Liście, strąki i całe rośliny odmiany Caspar zawierały więcej potasu w porównaniu z tymi organami pozostałych odmian. Ponadto w liściach tej odmiany stwierdzono najmniejszą różnicę między zawartością tego pierwiastka oznaczoną na początku kwitnienia i w okresie dojrzewania (0,3-0,4%, u pozostałych odmian około 1%). W łodygach odmiany Martin w analizowanym okresie gromadziło się więcej potasu w porównaniu z łodygami innych odmian. W czasie kwitnienia najmniejsza ilość potasu charakteryzowała łodygi samokończącej odmiany Tinos, zaś w okresie dojrzewania – łodygi odmian o tradycyjnym typie rozwoju (Nadwiślański, Bronto i Caspar).

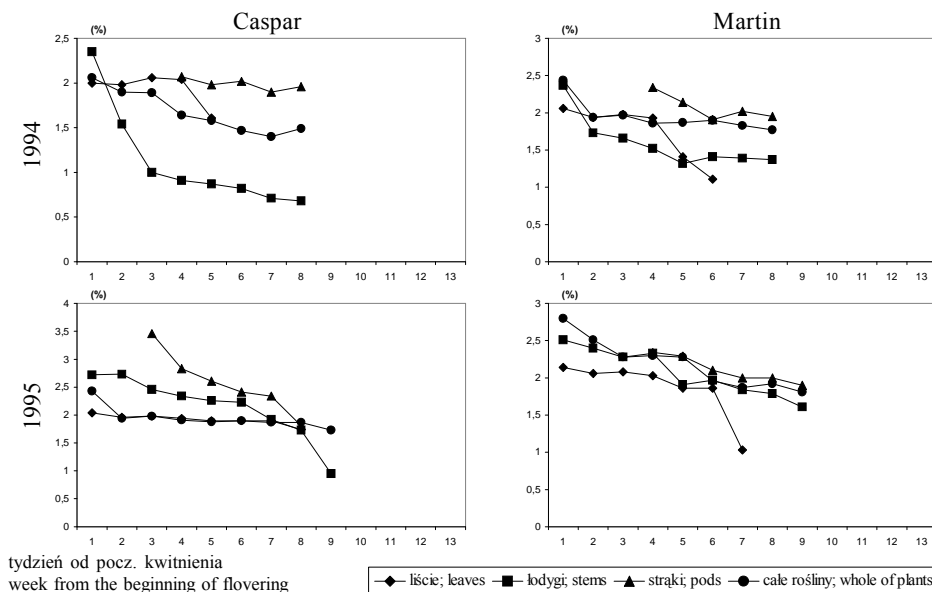
Odmiany Nadwiślański i Bronto w warunkach suszy glebowej i małej wilgotności powietrza gromadziły w łodygach 2–3-krotnie więcej potasu niż w okresie wegetacyjnym o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej. Z kolei w łodygach odmian Martin i Caspar w warunkach większej wilgotności gleby nagromadziło się więcej potasu niż w przypadku braku wilgoci. Ponadto w liściach odmian Nadwiślański, Bronto i Tinos w roku o ograniczonej ilości opadów w okresie od końca kwitnienia (68 w skali BBA) do zawiązywania strąków (72 w skali BBA) zanotowano znaczny wzrost zawartości potasu. Strąki odmiany Nadwiślański zawierały więcej potasu w roku suchym niż w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej, natomiast odmiany Caspar w tych warunkach gromadziły mniej tego składnika niż w warunkach bardziej korzystnych.

Spośród analizowanych organów największa zawartość potasu charakteryzowała strąki w okresie od ich zawiązania do dojrzałości, co wskazuje, że w nich



Rys. 10. Zawartość potasu w roślinach (% s.m.)
Potassium content (% d.m.)

tydzień od pocz. kwitnienia
week from the beginning of flowering



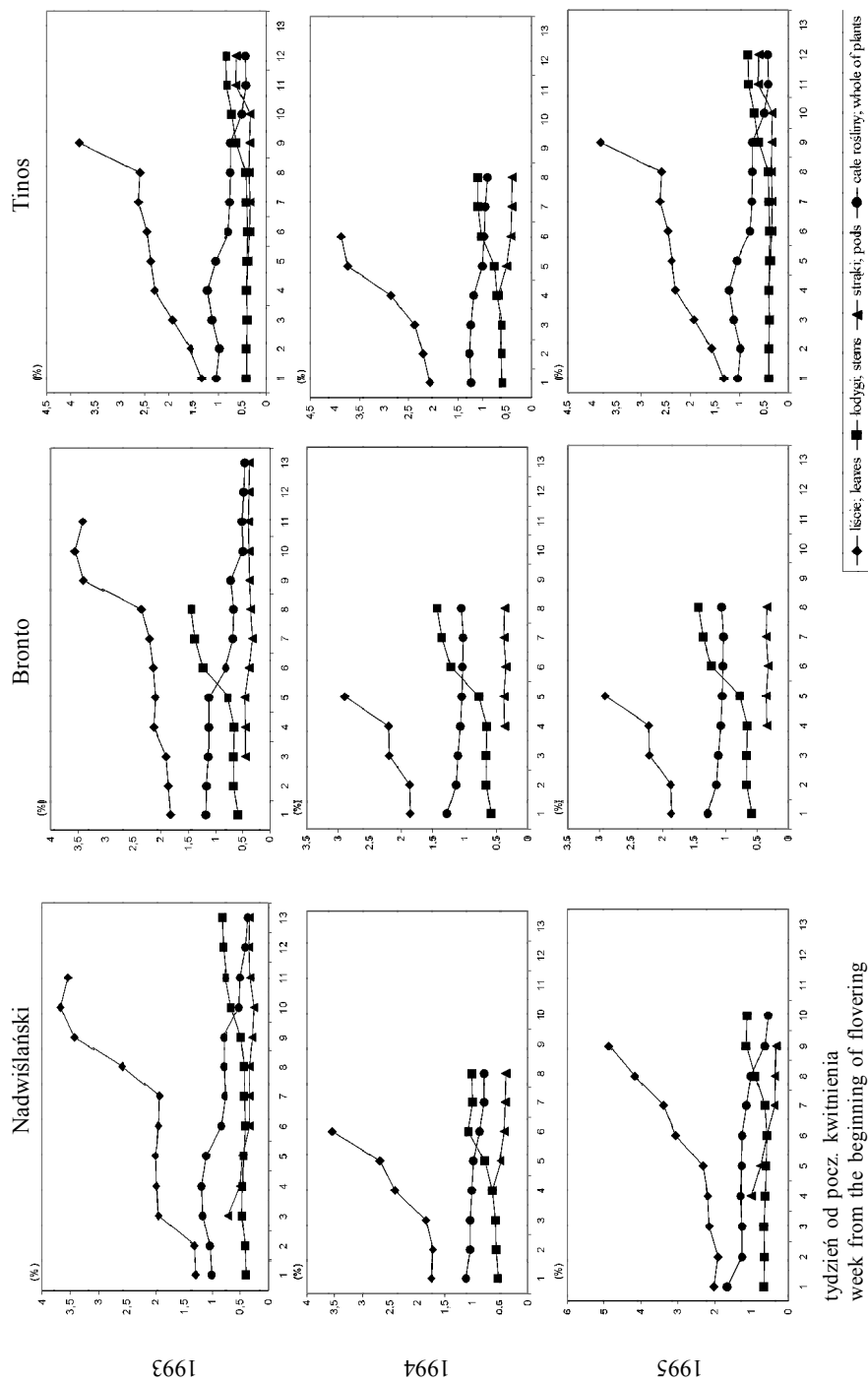
Rys. 10a. Zawartość potasu w roślinach (% s.m.)
Potassium content (% d.m.)

gromadzi się przede wszystkim ten składnik. Najmniej potasu zawierały łodygi wszystkich odmian bobiku.

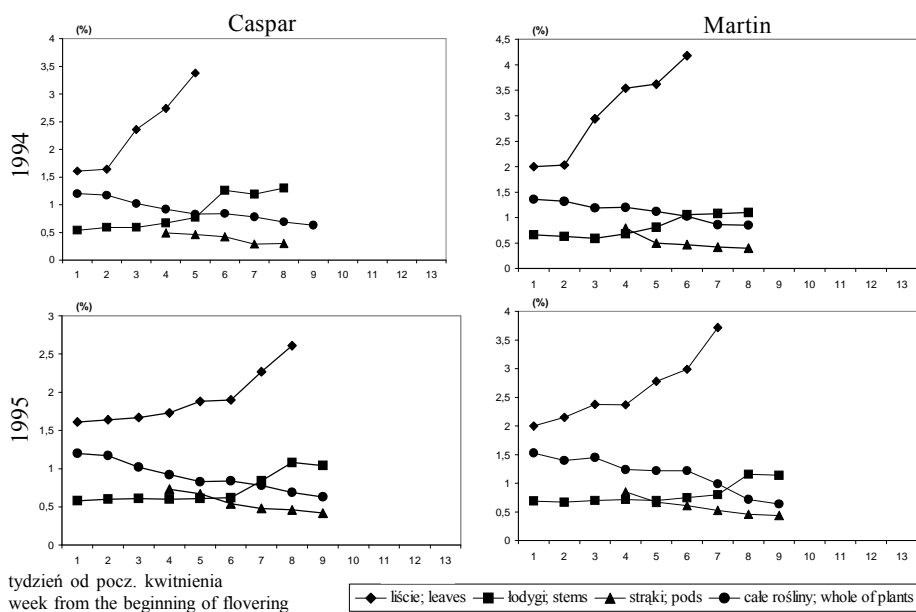
4.3.4. Wapń

Wraz z rozwojem i dojrzewaniem bobiku w strąkach i całych roślinach zmniejszała się zawartość wapnia, w przeciwieństwie do łodyg, a zwłaszcza liści, gdzie w okresie od kwitnienia do dojrzewania następował wzrost jego zawartości (rys. 11 i 11a). Stwierdzono jednocześnie, że szybki wzrost zawartości wapnia w liściach następował już w końcowej fazie kwitnienia (62 w skali BBA), natomiast w łodygach – w okresie dojrzewania (80-86 w skali BBA). W odniesieniu do roku suchego wzrost ten był znacznie szybszy i następował dużo wcześniej niż w latach o dostatecznej ilości opadów w okresie wegetacji.

Liście i całe rośliny odmian Nadwiślański, Bronto, Tinos i Martin gromadziły podobną ilość wapnia, większą niż odmiana Caspar, przy czym liście odmiany Nadwiślański w roku wilgotnym (1995) zawierały przed zbiorem znacznie więcej tego składnika (o około 1%) niż w pozostałych latach. Zarówno w strąkach, jak i w łodygach porównywanych odmian zawartość wapnia była zbliżona, z tym że strąki w roku wilgotniejszym (1995) zawierały go więcej niż w pozostałych latach. Największą zawartość wapnia notowano w liściach, zaś najmniejszą w strąkach.



Rys. 11. Zawartość wapnia (% s.m.)
Calcium content (% d.m.)

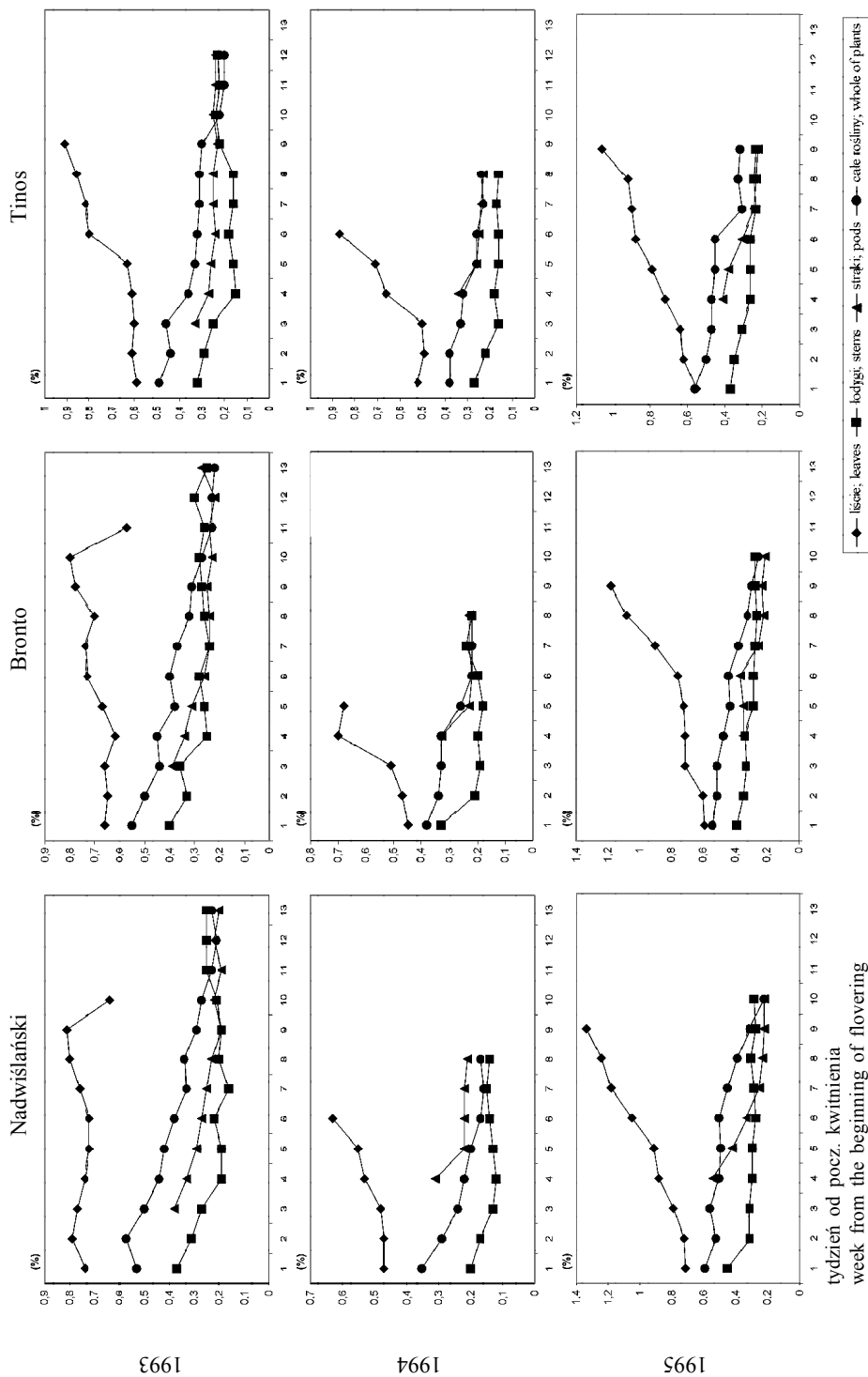


Rys. 11a. Zawartość wapnia (% s.m.)
Calcium content (% d.m.)

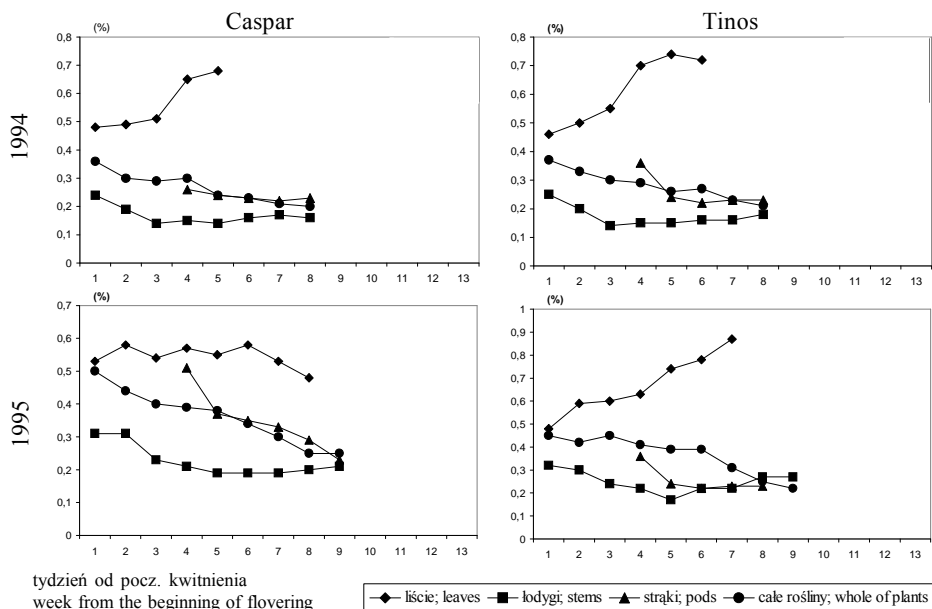
4.3.5. Magnez

W okresie wzrostu i dojrzewania bobiku następowały również znaczące zmiany zawartości magnezu w poszczególnych organach rośliny (rys. 12 i 12a). Przebiegały one jednak niejednakowo we wszystkich organach; w całych roślinach, strąkach i łodygach jego zawartość malała (w łodygach tylko w okresie od początku kwitnienia do zawiązywania strąków – potem nie ulegała zmianie), a w liściach wzrastała (oprócz odmiany Caspar w 1995 r.) w okresie od kwitnienia do dojrzałości.

Liście samokończącej odmiany Martin i białokwitnącej Caspar gromadziły znacznie mniej magnezu niż liście pozostałych odmian. Strąki, łodygi i całe rośliny porównywanych odmian zawierały podobną ilość magnezu, z tym że w całych roślinach odmiany Caspar zawartość ta była mniejsza niż w roślinach pozostałych odmian. Spośród organów bobiku największą zawartością magnezu charakteryzowały się liście, zaś najmniejszą łodygi. W warunkach suszy glebowej w liściach, strąkach, łodygach i całych roślinach gromadziło się znacznie mniej magnezu niż w warunkach wilgotnościowych zbliżonych do średnich wieloletnich.



Rys. 12. Zawartość magnezu (% s.m.)
Magnesium content (% d.m.)



Rys. 12a. Zawartość magnezu (% s.m.)
Magnesium content (% s.m.)

4.3.6. Sód

W poszczególnych organach i całych roślinach bobiku nie zmieniała się zawartość sodu w okresie od kwitnienia do dojrzewania, dlatego w tabeli 5 zamieszczono średnie z uzyskanych wyników. Oceniane odmiany zawierały podobną ilość tego składnika; wyjątek stanowiły liście odmiany Caspar oraz łodygi i całe rośliny odmiany Martin, które zawierały go mniej. W warunkach ograniczonej ilości opadów (1994) liście, łodygi i całe rośliny gromadziły znacznie więcej sodu niż w latach o większej ilości opadów.

Tabela 5

Zawartość sodu (% s.m.)
Sodium content (% d.m.)

Odmiana Cultivar	Liście Leaves			Łodygi Stems			Strąki Pods			Całe rośliny Whole plants		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Nadwiślański	0,06	0,26	0,11	0,18	0,39	0,24	0,08	0,06	0,06	0,10	0,33	0,15
Bronto	0,05	0,23	0,10	0,19	0,42	0,24	0,08	0,05	0,05	0,10	0,30	0,21
Tinos	0,06	0,25	0,09	0,16	0,41	0,18	0,07	0,06	0,04	0,09	0,31	0,13
Martin		0,23	0,08		0,29	0,13		0,04	0,03		0,23	0,09
Caspar		0,18	0,06		0,37	0,17		0,05	0,04		0,23	0,18

4.4. ZMIANY CECH MORFOLOGICZNYCH ROŚLIN W OKRESIE WEGETACJI

Stwierdzono, że we wszystkich terminach pobierania prób w łanie o większym zagęszczeniu (65 szt./m²) rośliny zawiązywały mniej strąków niż w łanie o mniejszej obsadzie (46 szt./m²); (rys. 13). Rośliny odmian o tradycyjnym typie wzrostu osiągały pełną obsadę strąków w terminie późniejszym w porównaniu z roślinami odmian samokończących. Ponadto liczba strąków na roślinie odmian tradycyjnych była większa niż u odmian samokończących. W roku o niekorzystnym przebiegu warunków atmosferycznych rośliny zawiązywały mniej strąków niż w warunkach korzystniejszych. U odmian Nadwiślański, Bronto i Caspar stwierdzono istotną zależność liczby strąków na roślinie od liczby liści zielonych (rys. 14). Zwiększenie liczby liści o jeden powodowało taki sam wzrost liczby strąków na roślinie. Takiej zależności nie obserwowano u odmian Tinos i Martin, a nawet zaznaczyła się tendencja do zależności ujemnej. Bardzo silny związek wystąpił między liczbą strąków a liczbą węzłów na roślinie ($R^2 = 94$ u odmian tradycyjnych i $R^2 = 90$ u odmian samokończących). Na jeden węzeł na pędzie (łodydze) bobiku przypadało u odmian tradycyjnych 1,4 strąka, a u odmian samokończących 2,2 strąka (rys. 15). Analiza regresji wykazała zależność liczby strąków na roślinie od liczby strąków na węźle (ale tylko u odmian samokończących) oraz brak istotnego związku między liczbą strąków na węźle a liczbą węzłów na pędzie (rys. 16).

Porównywane odmiany różniły się pod względem wartości stosunku liczby strąków na roślinach przed zbiorem do ich maksymalnej liczby w okresie wegetacji; wartość ta była również uzależniona od przebiegu warunków atmosferycznych i od zagęszczenia łanu (tab. 6). Znacznie więcej zawiązanych przez rośliny strąków opadło w roku 1994, ze względu na mniej korzystny przebieg pogody niż w pozostałych latach doświadczeń. Zwiększenie zagęszczenia łanu z 46 do 65 szt./m² powodowało również nasilenie opadania strąków. Odmiany Bronto i Caspar w porównaniu z innymi badanymi odmianami cechował korzystniejszy stosunek liczby strąków przed zbiorem do ich liczby maksymalnej.

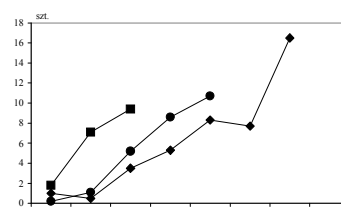
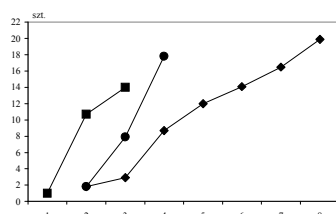
Rośliny odmian samokończących maksymalną liczbę liści ogółem wytwarzały już w fazie początku kwitnienia kwiatostanów, natomiast odmiany tradycyjne, gdy widoczne były strąki w 3-5 gronach (74-76 w skali BBA). Znacznie mniej liści na roślinach w okresie od kwitnienia do dojrzewania notowano w roku o ograniczonej ilości opadów niż w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej (rys. 17). Ponadto rośliny odmian tradycyjnych wytwarzały o 50-90% liści więcej niż rośliny odmian samokończących, przy czym zwiększenie zagęszczenia łanu nie miało istotnego wpływu na liczbę liści na roślinie. W latach o korzystnych dla bobiku warunkach atmosferycznych (1993 i 1995) w okresie od początku kwitnienia do wytworzenia strąków na 3-5 gronach, w ciągu tygodnia odmiana Nadwiślański wytwarzała średnio 2,4 liścia, odmiana Bronto 2,7, a Caspar 3,6, natomiast w roku 1994 znacznie mniej, odpowiednio: 1,8; 1,1 i 1,6 liścia. Odmiana Nadwiślański maksymalną liczbę liści wytwarzała średnio o 1 tydzień później niż odmiana Bronto.

gęstość siewu 50 nasion/m²
sowing rate 50 seeds per 1 m²

gęstość siewu 70 nasion/m²
sowing rate 70 seeds per 1 m²

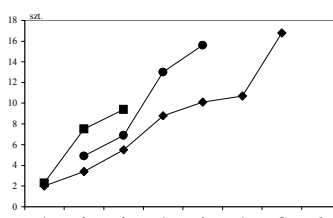
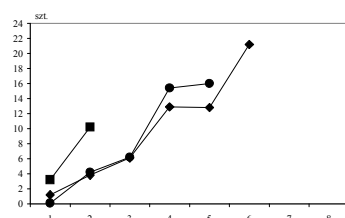
Nadwiślański

Nadwiślański



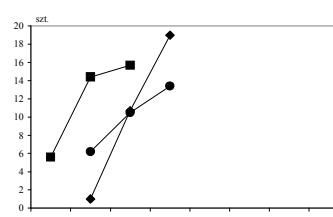
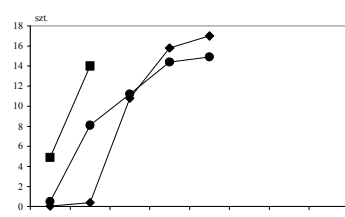
Bronto

Bronto



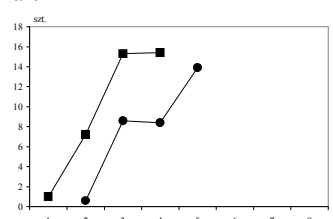
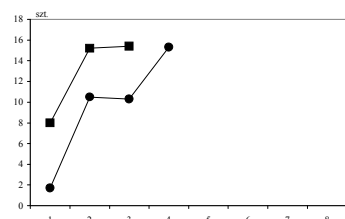
Tinos

Tinos



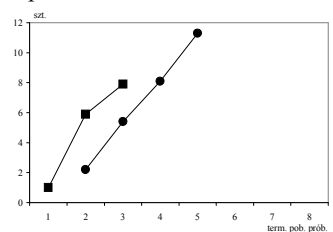
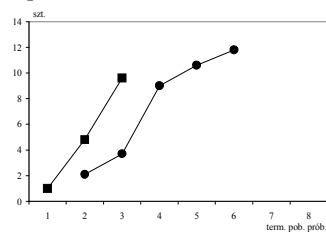
Maritn

Martin



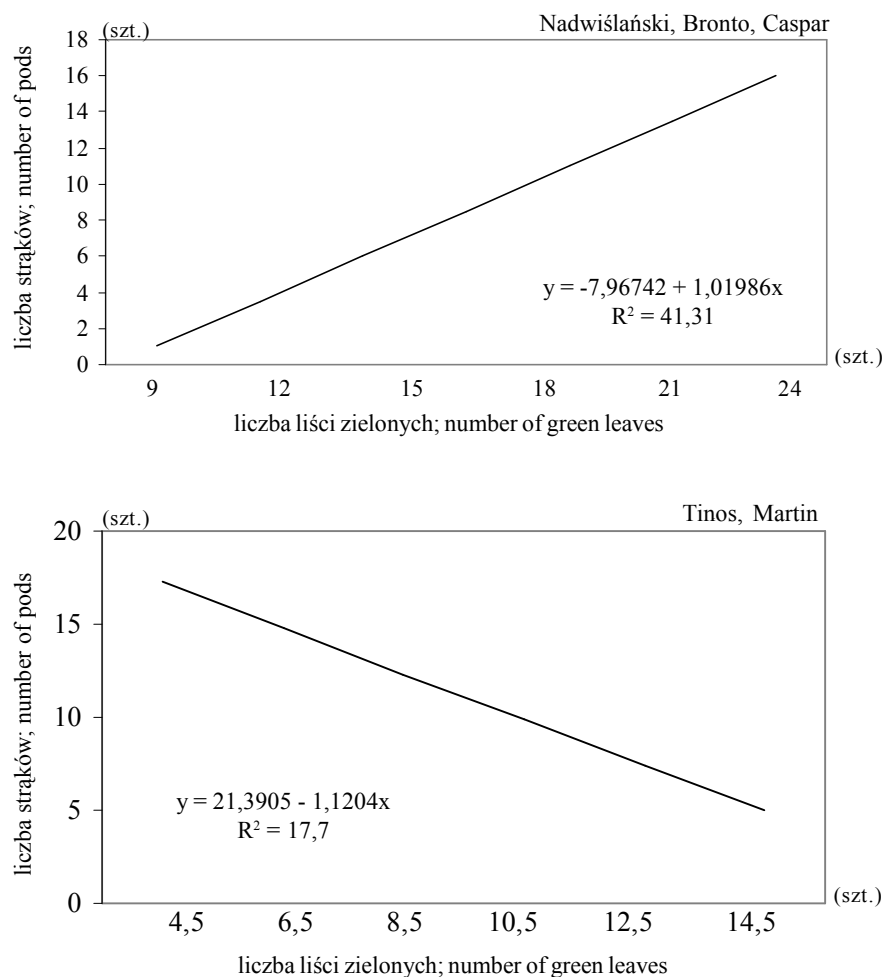
Caspar

Caspar



◆ 1993 ■ 1994 ● 1995

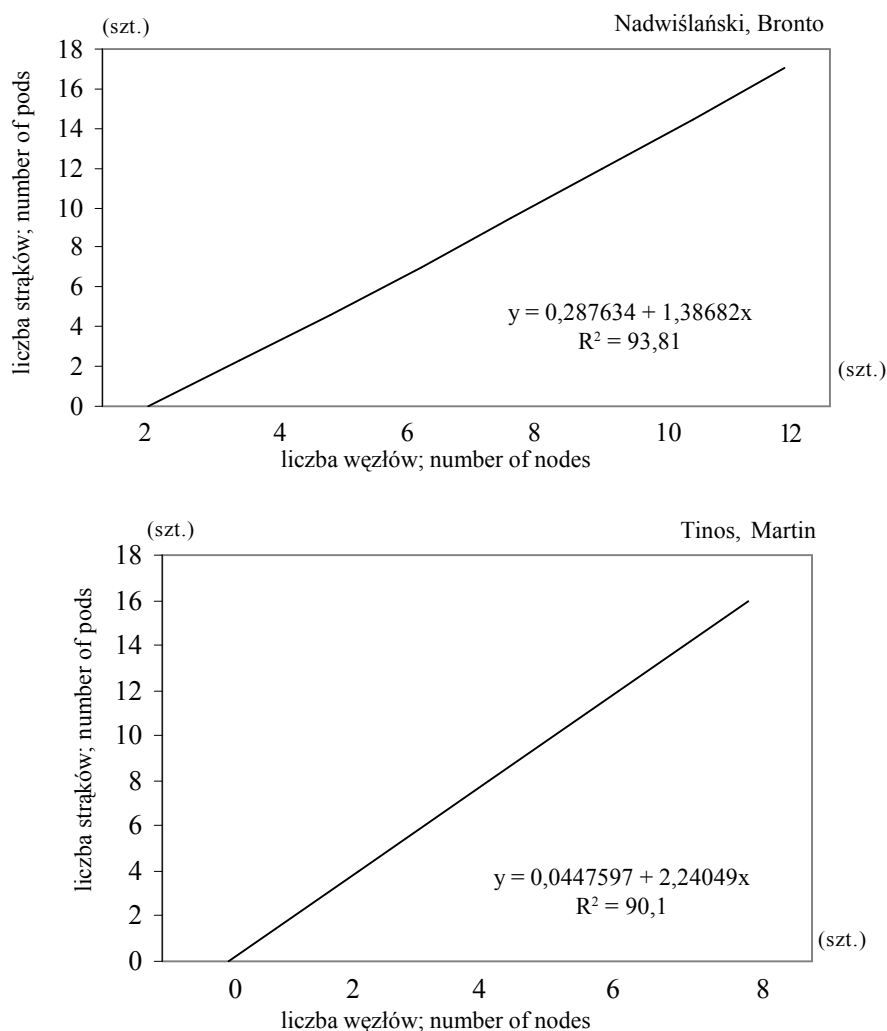
Rys. 13. Liczba strąków na roślinie
Number of pods on a plant



Rys. 14. Zależność liczby strąków na roślinie od liczby liści zielonych
Relationship between number of pods on a plant and number of green leaves

Tylko w pierwszym i drugim terminie oznaczeń zanotowano zielone liście na roślinach wszystkich odmian bobiku (rys. 18). Na roślinach bobiku w łanie o zagęszczeniu 65 szt./m² udział liści zielonych (w okresie, gdy było ich najwięcej) w stosunku do ogólnej liczby liści był mniejszy o 2-5% niż w łanie o obsadzie 46 szt./m².

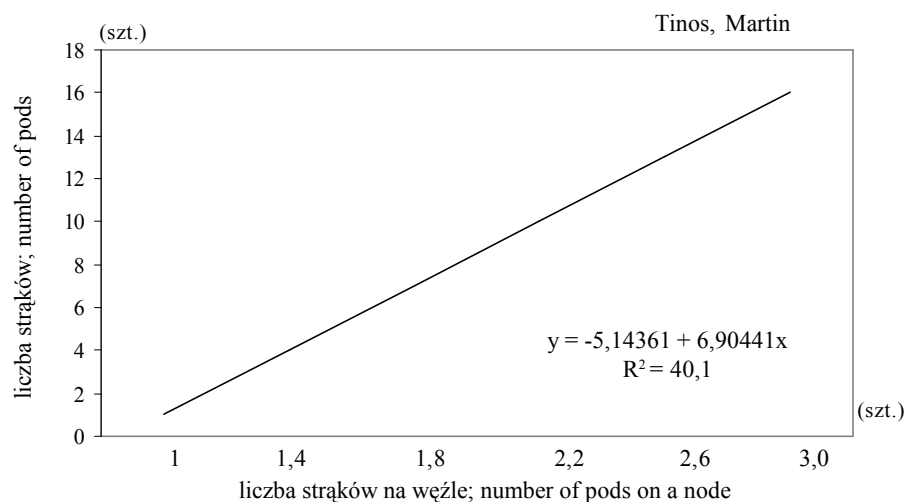
W roku 1994 zanotowano korzystny przebieg pogody w okresie od siewu do początku kwitnienia bobiku (opady 195 mm), co sprzyjało wzrostowi wegetatywnemu, w wyniku czego rośliny w pierwszym terminie pomiarów były znacznie wyższe niż w tym samym terminie w pozostałych latach badań (rys. 19). W tym samym roku, pomimo niekorzystnych warunków w okresie od kwitnienia do doj-



Rys. 15. Zależność liczby strąków na roślinie od liczby węzłów
Relationship between number of pods and nodes

rzałości, rośliny odmian o zdeterminowanym typie wzrostu wytwarzały dłuższe pędy w porównywanych terminach oznaczeń niż w roku 1993, a zwłaszcza w 1995. Rośliny odmian samokończących wytwarzały znacznie niższe pędy główne w porównaniu z roślinami odmian tradycyjnych i podobne, jak u odmiany Caspar. Skutkiem zwiększenia zagęszczenia ładu z 46 do 65 szt./m² było wystąpienie tendencji do wyrastania dłuższych pędów roślin bobiku.

W latach o korzystnych warunkach pogodowych rośliny wszystkich badanych odmian już od początku pojawienia się strąków wytwarzały je na większej liczbie węzłów (różnice istotne) niż w roku o gorszych warunkach (rys. 20). W suchym



Rys. 16. Zależność liczby strąków na roślinie od liczby strąków na węźle
Relationship between number of pods on a plant and number of pods on a node

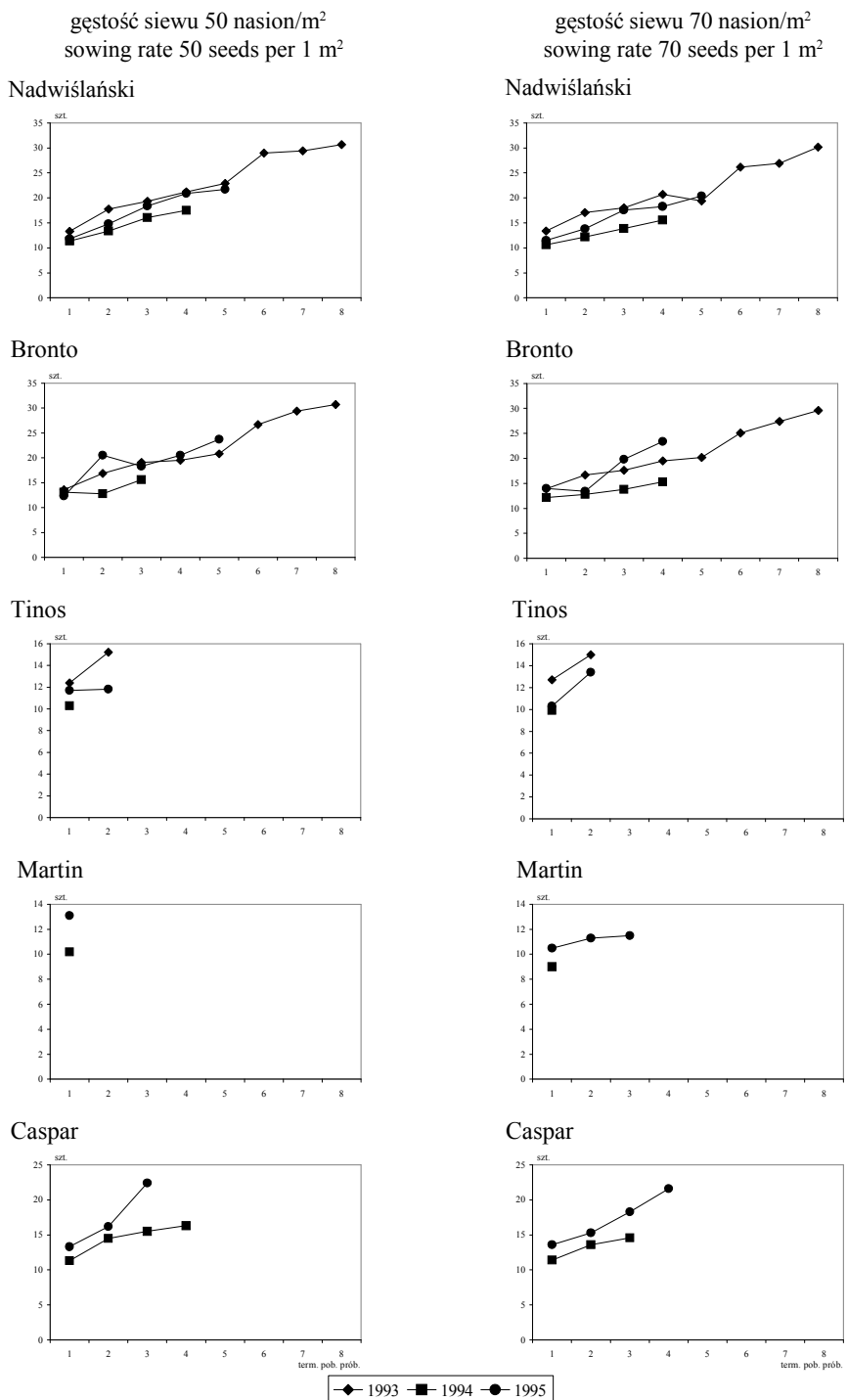
Tabela 6

Procentowy udział strąków na roślinach bobiku przed zbiorem w stosunku do ich ilości maksymalnej

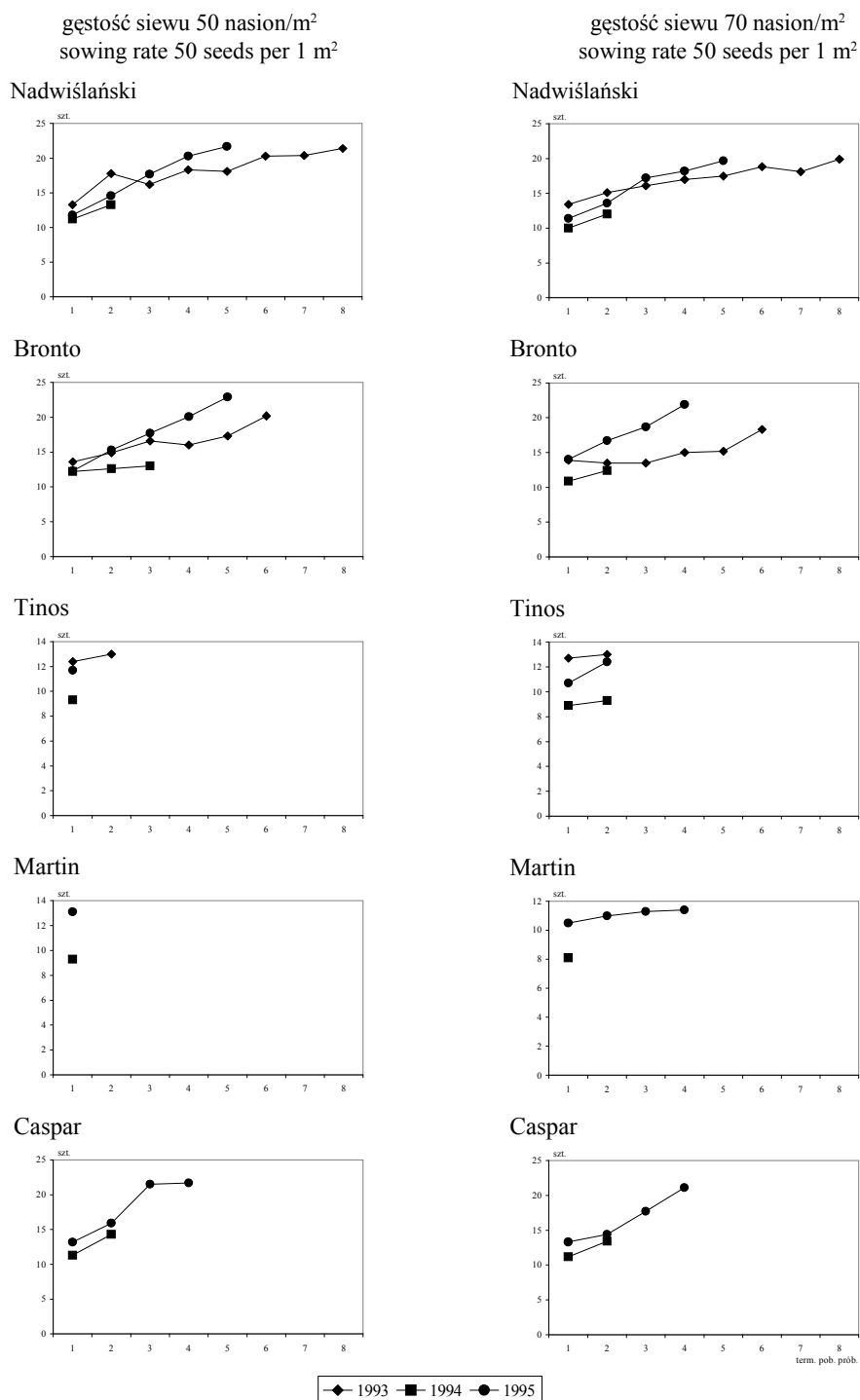
The proportional share of horse bean pods before harvest related to their maximum amount

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	rzeczywista obsada roślin (szt./m ²); real density of plants					
	43	61	47	65	47	65
Nadwiślański	69,3	64,1	48,6	44,8	74,4	70,2
Bronto	77,2	71,4	63,6	56,2	75,8	68,5
Tinos	70,5	62,6	51,0	46,0	70,4	65,6
Martin			38,9	34,8	85,0	80,4
Caspar			73,3	69,2	76,8	70,1

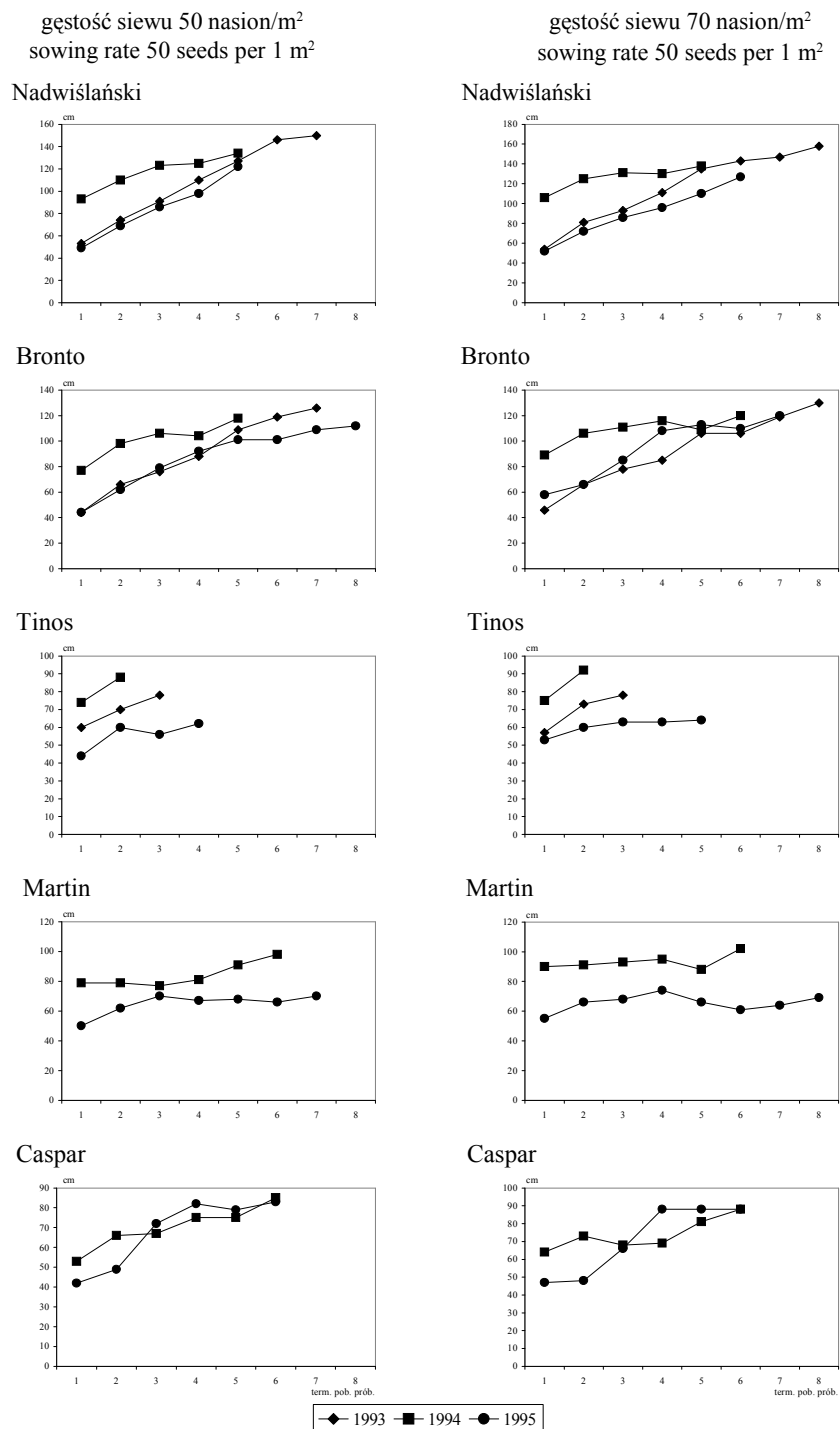
roku 1994 największą liczbę węzłów ze strąkami odnotowano 10-14 dni wcześniej niż w roku korzystniejszym pod względem ilości opadów. Maksymalną liczbę węzłów ze strąkami obserwowano wówczas, gdy pierwsze strąki były w pełni wykształcone, a nasiona osiągały normalną wielkość (78-79 w skali BBA). Po osiągnięciu przez rośliny tej fazy nastąpiło opadanie strąków. Z niektórych węzłów opadały nawet wszystkie strąki. W łanie o zagęszczeniu wynoszącym 46 roślin/m² liczba węzłów, na której zawiązywały się strąki była istotnie mniejsza niż w łanie o obsadzie 65 roślin/m². Na roślinach odmian Bronto i Nadwiślański strąki pojawiały się na istotnie większej ilości węzłów niż u odmian samokończących – Tinos i Martin.



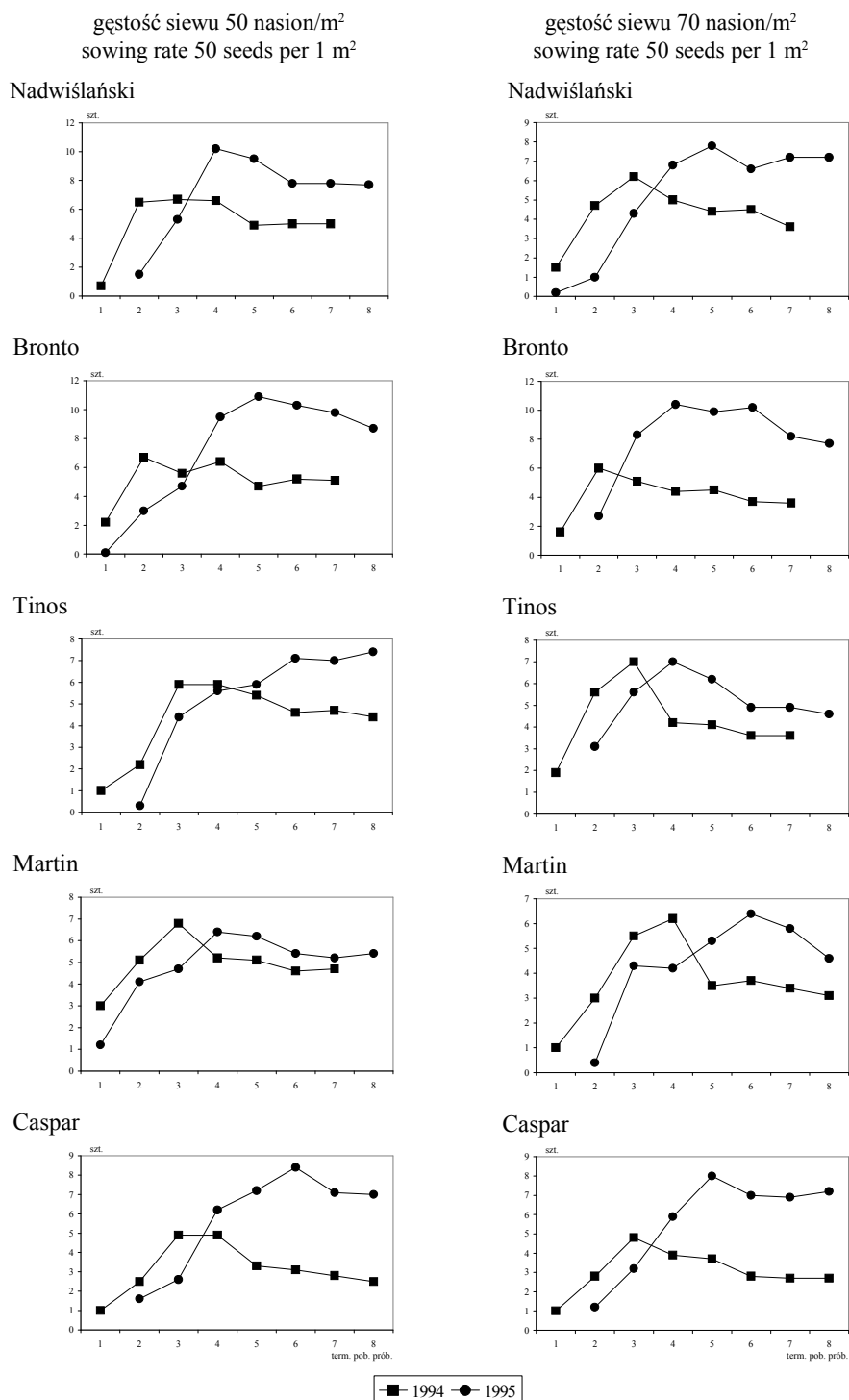
Rys. 17. Liczba liści ogółem na roślinie
Total number of leaves on a plant



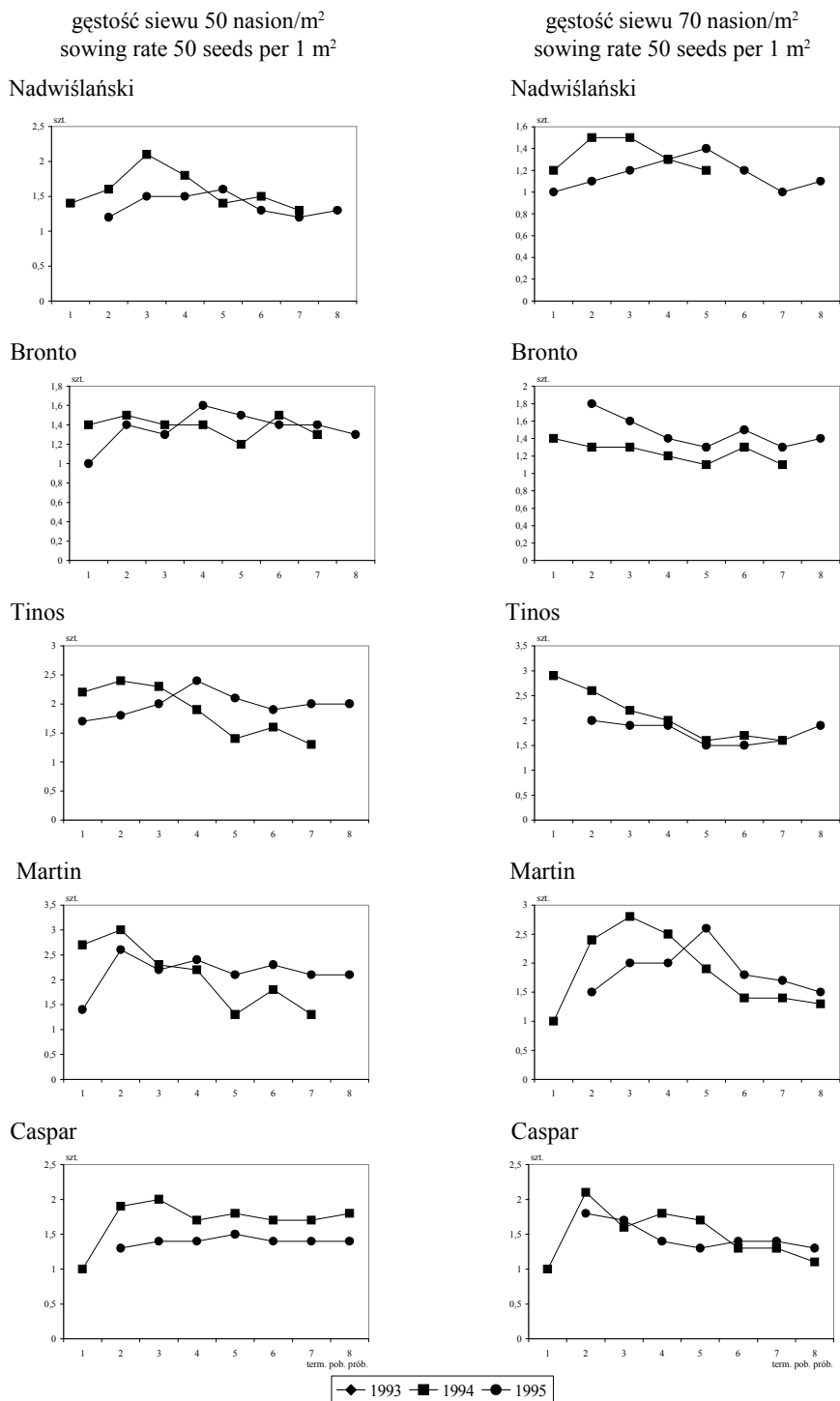
Rys. 18. Liczba liści zielonych na roślinie
Number of green leaves on a plant



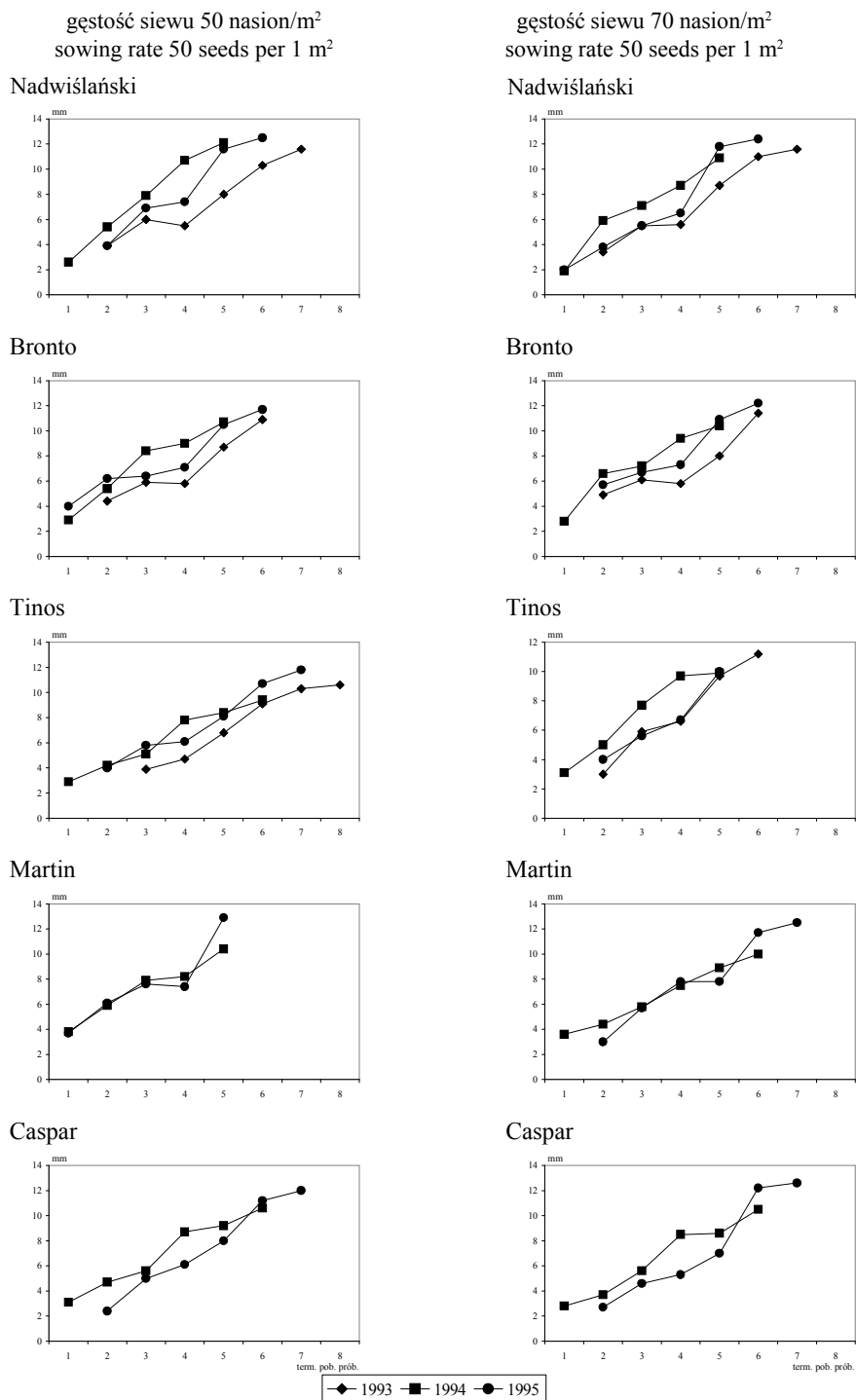
Rys. 19. Wysokość roślin do wierzchołka
Height of plants to apex



Rys. 20. Liczba węzłów ze strąkami na roślinie
Number of nodes with pods on a plant



Rys. 21. Liczba strąków na węzle
Number of pods on a node



Rys. 23. Średnia szerokość strąka (mm)
Average width of a pod (mm)

Liczbę strąków przypadających na jeden węzeł określano w dwóch latach doświadczenia. Istotnie większą liczbę strąków na węźle notowano u odmiany Tinos i Martin niż u odmian Nadwiślański i Bronto (rys. 21). Zwiększenie liczby roślin na jednostce powierzchni nie miało istotnego znaczenia dla kształtowania się tej cechy. Maksymalną liczbę strąków na danym węźle osiągały rośliny wówczas, gdy pierwsze strąki były w pełni wykształcone (78-79 w skali BBA). Po osiągnięciu przez rośliny tej fazy liczba strąków na węźle zmniejszała się, zwłaszcza u odmiany Martin. Nie stwierdzono istotnego wpływu przebiegu warunków pogodowych na liczbę strąków na węźle.

Obsada roślin na jednostce powierzchni nie miała wpływu na kształtowanie się rozmiarów strąków (rys. 22, 23). W warunkach ograniczonej ilości opadów w okresie od kwitnienia do dojrzewania (ale znacznie większej niż średnia wieloletnia we wcześniejszym okresie) zaobserwowano, iż rośliny wytwarzały dłuższe i szersze strąki. Najdłuższymi strąkami wyróżniały się rośliny białokwitnącej odmiany Caspar; szerokość strąków była zbliżona u wszystkich odmian. Rozmiary strąków nie miały znaczącego wpływu na plonowanie bobiku oraz na wielkość masy tysiąca nasion.

4.5. PLON NASION I JEGO STRUKTURA

Najlepsze warunki pogodowe dla plonowania bobiku były w roku 1993, który odznaczał się najkorzystniejszym rozkładem opadów oraz największą względną wilgotnością powietrza w okresie od kwitnienia do dojrzewania roślin (tab. 1). W warunkach mniejszej ilości opadów (1994) wszystkie badane odmiany plonowały na zbliżonym poziomie, istotnie niższym niż w pozostałych latach (tab. 7), ale charakteryzował je znacznie większy (o 50-70%) indeks żniwny (tab. 8). W latach

Tabela 7

Plon nasion bobiku (t/ha)
Yield of faba bean seeds (t/ha)

Wyszczególnienie Specification	1993	1994	1995
Odmiany; Cultivars			
Nadwiślański	5,31	3,38	4,23
Bronto	4,59	3,18	4,10
Tinos	3,34	2,48	3,38
Martin	-	2,94	3,67
Caspar	-	2,88	3,47
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	0,925	r.n.	0,407
Obsada roślin; Plant density			
46 szt./m ²	4,30	2,73	3,66
65 szt./m ²	4,52	3,17	3,88
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	0,378	r.n.

1993 i 1995 istotnie większy plon wytworzyły odmiany tradycyjne – Nadwiślański i Bronto – oraz odmiana Caspar niż samokończące – Tinos i Martin. W roku o małej ilości opadów w okresie kwitnienia-dojrzałość pełna uzyskano istotnie większe plony przy zagęszczeniu 65 niż przy 46 roślin/m². W latach o korzystnym przebiegu pogody w okresie wegetacji zwiększenie zagęszczenia łąnu z 46 do 65 roślin/m² nie miało tak znaczącego wpływu na poziom plonowania bobiku (niezależnie od typu odmiany), jednak wystąpiła tendencja do zwyczajki plonu przy większej obsadzie roślin (65 szt./m²). Plon nasion bobiku był istotnie dodatnio skorelowany z większością analizowanych cech morfologicznych (tab. 9). Stwierdzono stosunkowo silną korelację plonu nasion z liczbą i masą nasion z rośliny, liczbą węzłów ze strąkami, liczbą nasion w strąku i długością owocującej części pędu, nie udowodniono natomiast statystycznie korelacji plonu z liczbą strąków na roślinie i liczbą strąków na węzle oraz masą tysiąca nasion (tab. 15).

Analizując zmienność plonowania bobiku w zależności od cech morfologicznych roślin i wzajemnych powiązań między nimi wyznaczono funkcję regresji wielokrotnej, która przybrała postać:

$$Y = 0,13356 + 0,0633114x_1 + 0,14723x_2 - 0,0602894x_3 + 0,0480849x_4 + 0,325063x_5 + 0,0107514x_6$$

$$R^2 = 78,74$$

- Y – plon nasion
 X₁ – liczba nasion na roślinie
 X₂ – liczba nasion w strąku
 X₃ – liczba węzłów ze strąkami
 X₄ – masa nasion na roślinie
 X₅ – długość części owocującej pędu
 X₆ – wysokość pędu do 1. strąka

Pozostałych badanych cech nie uwzględniono w równaniu regresji, gdyż nie były skorelowane z plonem lub były skorelowane z cechami uwzględnionymi. Zmienność wyżej wymienionych cech (x₁...x₆) determinowała plonowanie bobiku w 78,7%.

Tabela 8

Wartości współczynników indeksu żniwnego
 Values of harvest index coefficients

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	rzeczywista obsada roślin (szt./m ²); real density of plants (plants/m ²)					
	43	61	47	65	47	65
Nadwiślański	0,42	0,35	0,63	0,60	0,44	0,38
Bronto	0,47	0,44	0,60	0,58	0,44	0,42
Tinos	0,44	0,38	0,64	0,68	0,53	0,50
Martin			0,88	0,89	0,50	0,47
Caspar			0,79	0,77	0,44	0,41
Średnia	0,44	0,39	0,71	0,70	0,47	0,44

Tabela 9

Zależność plonu nasion (t/ha) bobiku (Y) od cech morfologicznych z nim skorelowanych (x_1-x_5)
The correlation between the yield of seeds (t/ha) of horse bean (Y) and its morphological features (x_1-x_5)

Cecha Character	Równanie regresji prostej Equation of simple regression	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
Liczba nasion na roślinie Number of seeds per plant	$Y = 2,18915 + 0,0758716x_1$	0,63
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	$Y = 2,11553 + 0,727084x_2$	0,56
Liczba węzłów ze strąkami Number of pods with nodes	$Y = 2,22627 + 0,218614x_3$	0,71
Masa nasion na roślinie Weight of seeds on a plant	$Y = 2,41168 + 0,139019x_4$	0,59
Długość części owocującej pędu Length of shoot with pods	$Y = 2,26293 + 0,0287883x_5$	0,65
Indeks żniwny; Harvest index	$Y = 5,48546 - 3,38165x$	0,68

Tabela 10

Liczba strąków na roślinie
Number of pods on a plant

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	zagęszczenie łanu (roślin/m ²); stand density (plants/m ²)					
	43	61	47	65	50	69
Nadwiślański	10,6	9,8	7,7	6,4	7,8	7,1
Bronto	13,3	10,7	6,9	4,4	13,4	11,9
Tinos	11,7	7,1	11,4	10,0	10,0	9,9
Martin			13,0	11,9	13,0	11,8
Caspar			7,4	6,4	10,0	8,7
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	1,21		1,53		1,89	

Przebieg warunków pogodowych w okresie wegetacji miał znaczny wpływ na kształtowanie się cech morfologicznych bobiku. W warunkach małej ilości opadów (1994) w okresie od początku kwitnienia do dojrzałości mniejsza była liczba strąków i nasion na roślinie oraz nasion w strąku i mniejsza masa nasion z rośliny (tab. 10-12). Ponadto rośliny wytwarzały strąki na znacznie mniejszej liczbie węzłów (tab. 13). Zmienne warunki atmosferyczne panujące w okresie wegetacji w omawianych latach nie różnicowały następujących cech: masy tysiąca nasion, długości części owocującej pędu, liczby międzywęźli do 1 węzła ze strąkami oraz liczby strąków na węzle (tab. 14).

W warunkach ograniczonej ilości opadów odmiany samokończące wytwarzały zbliżoną liczbę strąków na roślinie, jak w latach o optymalnych warunkach pogo-

Tabela 11

Liczba i masa nasion na roślinie
Number and weight of seeds on a plant

Wyszczególnienie Specification	Liczba nasion Seeds number			Masa nasion (g) Seeds weight (g)		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Odmiany; Cultivars						
Nadwiślański	24,4	11,8	21,6	12,0	5,5	10,6
Bronto	22,4	9,3	30,8	9,7	4,5	12,5
Tinos	21,9	13,0	23,2	9,8	4,8	11,0
Martin		12,2	30,0		5,1	14,8
Caspar		10,9	24,7		5,0	11,3
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	7,14	r.n.	r.n.	4,14
Obsada roślin; Plant density						
46 szt./m ²	22,90	12,2	27,4	10,5	5,4	12,7
65 szt./m ²	22,93	10,6	24,7	10,5	4,6	11,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

Tabela 12

Liczba nasion w strąku
Number of seeds per pod

Wyszczególnienie Specification	1993	1994	1995
Odmiany; Cultivars			
Nadwiślański	2,4	1,7	2,9
Bronto	1,9	1,7	2,4
Tinos	2,4	1,2	2,3
Martin		1,0	2,4
Caspar		1,6	2,6
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.
Obsada roślin; Plant density			
46 szt./m ²	2,0	1,4	2,6
65 szt./m ²	2,5	1,5	2,5
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.

dowych, natomiast odmiany tradycyjne – mniejszą (tab. 10). Najwięcej strąków zawiązywały rośliny samokończącej odmiany Martin, a najmniej – odmian Nadwiślański i Caspar. Cecha ta była skorelowana z liczbą i masą nasion na roślinie oraz liczbą węzłów ze strąkami. Badane odmiany nie różniły się nieistotnie pod względem liczby i masy nasion na roślinie (tab. 11). Tylko w roku 1995 odmiany Bronto i Martin charakteryzowała istotnie większa liczba nasion na roślinie niż odmianę Nadwiślański. Analiza korelacji i regresji wykazała silną dodatnią korelację ($r = 0,91$) liczby nasion z masą nasion na roślinie (tab. 15).

Tabela 13

Liczba węzłów ze strąkami na roślinie
Number of pods with nodes on plant

Wyszczególnienie Specification	1994	1995
Odmiany; Cultivars		
Nadwiślański	4,3	7,7
Bronto	4,5	9,4
Tinos	4,5	5,3
Martin	3,9	6,6
Caspar	3,1	6,7
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	1,3	2,01
Obsada roślin; Plant density		
46 szt./m ²	4,8	7,74
65 szt./m ²	3,3	6,54
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	0,51	1,59

Tabela 14

Cechy morfologiczne roślin w zależności od odmiany i gęstości siewu
(średnie z lat 1993–1995)
The morphological attributes of plants in dependence of cultivar and sowing rate
(means of 1993–1995)

Wyszczególnienie Specification	Masa 1000 nasion Weight of 1000 seeds (g)	Długość części owocującej pędu Length of shoot with pods (cm)	Liczba strąków na węzle Number of pods on node (szt.)
Odmiany; Cultivars			
Nadwiślański	483	63,4	1,3
Bronto	442	64,5	1,4
Tinos	429	30,5	1,7
Martin	457	29,5	1,7
Caspar	460	35,5	1,6
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	11,45	9,05	0,32
Obsada roślin; Plant density			
46 szt./m ²	455	45	1,5
65 szt./m ²	454	44	1,5
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.

Największymi nasionami wyróżniła się odmiana Nadwiślański, a najmniejszymi odmiana Tinos (tab. 14). Z omawianą cechą nie były skorelowane elementy struktury kształtujące plon nasion bobiku. Tak słaba zależność wynika być może ze stosunkowo niewielkiej liczebności próby, którą poddano analizie. Rośliny odmian o tradycyjnym typie rozwoju wytwarzały prawie dwukrotnie dłuższą część owocu-

Tabela 15

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy plonem nasion bobiku i cechami morfologicznymi roślin kształtującymi jego poziom
Simple correlation coefficients between the yield of seeds of horse bean and its morphological features

Wyszczególnienie Specification	Indeks żniwny Harvest index (%)	Wysokość pędu do 1. strąka Height of shoot to 1 st node with pods (cm)	Długość części owocującej Length of shoot with pods (cm)	MTN Weight of 1000 seeds (g)	Masa nasion na roślinie Weight of seeds on plant (g)	Liczba strąków na węźle Number of pods per node	Liczba węzłów ze strąkami Number of nodes with pods	Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	Liczba nasion na roślinie Number of seeds on a plant	Liczba strąków na roślinie Number of pods on a plant
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Plon; Yield	-0,6834	-0,3988	0,6485	0,3202	0,5946	-0,2435	0,7072	0,5597	0,6254	0,1592
Liczba strąków na roślinie Number of pods on a plant	-0,0153	-0,1707	-0,0880	-0,3288	0,4721	0,1780	0,5142	-0,1243	0,4986	
Liczba nasion na roślinie Number of seeds on a plant	-0,7759	-0,5910	0,0981	0,0634	0,9052	0,1788	0,7603	0,7477		
Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	-0,8574	-0,4541	0,0745	0,3865	0,7687	0,1483	0,4525			
Liczba węzłów ze strąkami Number of nodes with pods	-0,6491	-0,6232	0,5632	0,0156	0,6687	-0,1282				
Liczba strąków na węźle Number of pods per node	0,0209	-0,1117	-0,6334	-0,0331	0,2979					
Masa nasion na roślinie Weight of seeds on plant	-0,7242	-0,5043	0,0512	0,3272						

cd. tab. 15

Wyszczególnienie Specification	Indeks Zniwny Harvest index (%)	Wysokość pędu do 1. strąka Height of shoot to 1 st node with pods (cm)	Długość części owocującej Length of shoot with pods (cm)	MTN Weight of 1000 seeds (g)	Masa nasion na roślinie Weight of seeds on plant (g)	Liczba strąków na węzle Number of pods per node	Liczba węzłów ze strąkami Number of nodes with pods	Liczba nasion w strąku Number of seeds per pod	Liczba nasion na roślinie Number of seeds on a plant	Liczba strąków na roślinie Number of pods on a plant
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MTN Weight of 1000 seeds	-0,2315	-0,0953	0,2228							
Długość części owocującej Length of shoot with pods	-0,3297	-0,2871								
Wys. pędu do 1. strąka Height of shoot to 1 st node with pods	0,4561									

liczbami pogrubionymi. zaznaczono różnice istotne; significant differences were marked by bold letter

jąca pędu niż rośliny odmian samokończących i odmiany Caspar. Nie stwierdzono związku tej cechy z liczbą strąków, co jest trudne do wytłumaczenia. Można przypuszczać, że istotne znaczenie ma tu rozmieszczenie strąków na pędzie, gdyż u odmian samokończących są one skupione na znacznie krótszym odcinku niż u odmian tradycyjnych. Cecha ta nie wykazała istotnej korelacji z innymi omawianymi cechami morfologicznymi. W roku o korzystnym rozkładzie opadów dłuższe pędy wytwarzały rośliny odmian o tradycyjnym typie rozwoju niż odmian samokończących i odmiany Caspar. Wyższe były też rośliny rosnące w łanie o większym zagęszczeniu (tab. 16).

Tabela 16

Wysokość pędu przed zbiorem (cm)
Height of shoot before harvest (cm)

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	zagęszczenie łanu (roślin/m ²); stand density (plants/m ²)					
	43	61	47	65	50	69
Nadwiślański	146	149	130	134	113	119
Bronto	130	136	108	114	112	115
Tinos	86	87	87	89	67	69
Martin			87	89	73	77
Caspar			75	79	71	83
Średnia	121	124	97	101	87	93

Tabela 17

Liczba międzywęzli i wysokość pędu do 1. węzła ze strąkami
Number of internodes and height up to 1st node with pods

Wyszczególnienie Specification	Liczba międzywęzli Number of internodes			Wysokość pędu do 1. węzła ze strąkami Height of shoot to the 1 st node with pods (cm)		
	1993	1994	1995	1993	1994	1995
Odmiany; Cultivars						
Nadwiślański	7,8	7,2	7,1	38,0	54,5	38,0
Bronto	6,8	6,5	6,2	26,5	42,5	28,5
Tinos	7,3	7,1	6,8	53,5	50,0	34,0
Martin		6,6	6,8		55,0	43,0
Caspar		7,9	7,6		35,5	27,0
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	0,81	1,02	4,65	4,08	2,80
Obsada roślin; Plant density						
46 szt./m ²	8,0	7,0	6,9	38,0	45,6	32,8
65 szt./m ²	8,0	7,1	6,8	40,1	49,4	35,4
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	1,62	1,11

W przeprowadzonych doświadczeniach nie zanotowano także istotnego zróżnicowania liczby nasion w strąku między porównywanymi odmianami, jak też znaczącego wpływu gęstości siewu na tę cechę. Była ona dodatnio skorelowana z masą nasion na roślinie i liczbą węzłów ze strąkami.

Oceniane odmiany różniły się pod względem liczby międzywęźli do 1. węzła ze strąkami (tab. 17). Najmniejsza ich liczba charakteryzowała rośliny odmiany Bronto (6, 8), a największa – odmiany Caspar (7, 8). Można sądzić, iż jest to cecha odmianowa ulegająca małym zmianom pod wpływem warunków siedliskowych. Rośliny odmian Bronto i Caspar najniżej na pędzie osadzały pierwszy węzeł ze strąkami, rośliny pozostałych odmian znacznie wyżej i na zbliżonym poziomie (tab. 17).

W warunkach małej ilości opadów mniej węzłów ze strąkami, niż pozostałe odmiany, wytwarzała odmiana Caspar, co wskazuje na większą jej wrażliwość na niedostatek wilgotności gleby (tab. 13). Liczba węzłów ze strąkami była dodatnio skorelowana z długością części owocującej pędu i masą nasion na roślinie. Więcej strąków na węzle wytwarzały rośliny odmian samokończących niż tradycyjnych (tab. 14). Cecha ta była istotnie ujemnie skorelowana z długością części owocującej pędu, a nieistotnie z wysokością do pierwszego strąka i masą 1000 nasion.

Przebieg pogody w okresie wegetacji oraz czynniki doświadczenia miały wpływ na średnią długość i szerokość strąka przed zbiorem (tab. 18 i 19). Szersze strąki (oprócz odmiany Nadwiślański) wytworzyły rośliny bobiku w 1995 roku, w warunkach równomiernie rozłożonych opadów. Dłuższymi strąkami wyróżniała się jedynie odmiana Caspar.

Analiza statystyczna wykazała ujemną korelację wysokości do pierwszego węzła ze strąkami i indeksu żniwnego z następującymi cechami: plon nasion, liczba nasion i ich masa na roślinie, liczba nasion w strąku, liczba węzłów ze strąkami (tab. 15). Wydaje się, że taka zależność cech spowodowana jest tym, iż wytworzenie pierwszego owocującego węzła wyżej na pędzie powoduje gorsze dokarmianie strąków, w wyniku czego więcej ich opada i zawierają one mniej dobrze wykształconych nasion.

Tabela 18

Średnia długość strąka przed zbiorem (mm)
Average length of a pod before harvest (mm)

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	zagęszczenie łąnu (roślin/m ²); stand density (plants/m ²)					
	43	61	46	65	50	69
Nadwiślański	60	60	60	55	57	55
Bronto	62	60	57	51	53	53
Tinos	60	56	51	55	55	50
Martin			55	49	56	56
Caspar			68	70	72	77
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.		7,4		9,3	

Tabela 19

Średnia szerokość strąka przed zbiorem (mm)
Average width of pod before harvest (mm)

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	zagęszczenie łąnu (roślin/m ²); stand density (plants/m ²)					
	43	61	46	65	50	69
Nadwiślański	7,1	7,0	7,5	7,0	7,3	7,6
Bronto	7,5	6,4	7,1	6,5	9,7	8,4
Tinos	7,4	6,4	6,6	6,5	8,7	9,2
Martin			6,3	6,4	8,8	9,3
Caspar			5,9	6,3	7,5	7,7
NIR; LSD ($\alpha = 0,05$)	r.n.		r.n.		r.n.	

Obsada roślin bobiku w obiekcie z wysiewem 50 nasion na 1 m² była po wschodach mniejsza o około 3-5% i uległa dalszemu zmniejszeniu o około 4% w okresie wegetacji w stosunku do zanotowanej po wschodach. Natomiast tam, gdzie wysiewano 70 nasion na 1 m², po wschodach zanotowano mniej o około 7% roślin w stosunku do liczby planowanej i nie zmieniała się ona w okresie wegetacji.

W okresie od początku kwitnienia roślin do zbioru nie wystąpiło wyleganie łąnu. Jedynie przed zbiorem zaobserwowano lekkie pochylenie (7 w 9° skali) roślin odmiany Nadwiślański w obiektach o większym zagęszczeniu.

4.6. SKŁAD CHEMICZNY NASION

Przebieg warunków atmosferycznych w okresie wegetacji miał istotny wpływ na zawartość białka ogólnego i związków bezazotowych wyciągowych w nasionach bobiku (tab. 20). Najwyższą zawartość białka ogólnego, a najmniejszą związków bezazotowych wyciągowych w nasionach notowano w roku 1994. W okresie od kwitnienia do dojrzewania wystąpiła ograniczona ilość opadów, znacznie mniejsza wilgotność powietrza, wyższe temperatury oraz większe usłonecznienie niż w roku 1993. Nasiona odmian Nadwiślański, Bronto, Martin i Tinos miały zbliżoną zawartość białka (średnio za trzy lata). Nasiona odmiany Caspar zawierały mniej białka o około 2,5% oraz więcej związków bezazotowych wyciągowych o około 1,5%. Zwiększenie zagęszczenia łąnu w badanym zakresie nie miało istotnego wpływu na gromadzenie się tych składników, chociaż u niektórych odmian obserwowano tendencję do zmniejszania się zawartości białka w nasionach bobiku z gęściejszego łąnu (Bronto i Tinos w 1993 r., Nadwiślański w 1995 r.). Analiza regresji wykazała, iż zawartość białka była istotnie ujemnie skorelowana z zawartością popiołu, związków bezazotowych wyciągowych, potasu i magnezu oraz nieistotnie ze wszystkimi uwzględnionymi składnikami. Zawartość związków bezazotowych wyciągowych nie była skorelowana z żadnym z oznaczanych makroskładników (tab. 21).

Tabela 20

Zawartość białka i związków bezazotowych wyciągowych w nasionach
w zależności od roku (% s.m.)
Protein and nitrogen free extract content in seeds in dependence on year (% d.m.)

Lata Years	Białko ogólne Total protein	Związki bezazotowe wyciągowe Nitrogen free extract
1993	29,24 a	56,51 a
1994	30,72 b	55,17 b
1995	28,11 a	57,73 c

liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie
numbers within columns followed by the same letters do not differ significantly

Zawartość włókna surowego, tłuszczu, popiołu i czterech makroelementów (fosfor, potas, magnez, wapń) w nasionach bobiku nie ulegała znaczącemu zróżnicowaniu w latach, pomimo zmiennych warunków pogodowych panujących w okresie wegetacji (włókno – 8,43%, tłuszcz – 1,97%, popiół – 3,80%, fosfor – 0,67%, potas – 1,35%, magnez – 0,18%, wapń – 0,14%). Gęstość siewu również nie miała istotnego wpływu na kształtowanie się ich zawartości. Nasiona odmian Nadwiślański i Martin charakteryzowały się najmniejszą zawartością włókna, tłuszczu i popiołu, zaś najwięcej tych składników zawierały nasiona odmiany Caspar (tab. 22). Zawartość włókna była dodatnio skorelowana z zawartością czterech badanych makroelementów, a zawartość popiołu i tłuszczu silnie dodatnio skorelowana

Tabela 21

Współczynniki korelacji prostych pomiędzy zawartością oznaczanych składników
w nasionach bobiku
Simple correlation coefficients between nutrient contents in seeds of horse bean

Składniki Components	P	Mg	K	Ca	Związki bezazot. wyciąg. Nitrogen free extract	Włókno surowe Crude fibre	Tłuszcz surowy Crude fat	Popiół surowy Crude ash
Białko; Protein	-0,1009	-0,5191	-0,5634	-0,2074	-0,8803	-0,3752	-0,3486	-0,5822
Popiół; Ash	0,6970	0,4723	0,9162	0,8159	0,1444	0,6623	0,8633	
Tłuszcz; Fat	0,5260	0,5733	0,8958	0,7412	-0,0966	0,5616		
Włókno; Fibre	0,4925	0,4716	0,6692	0,4896	0,0161			
Związki bez. wyciąg. N-free extract	-0,2372	0,2907	0,1311	-0,1857				
Ca	0,8450	0,0894	0,6583					
K	0,5571	0,6459						
Mg	-0,1386							

liczbami pogrubionymi zaznaczono różnice istotne; significant differences were marked by bold letter

z zawartością Ca i K, natomiast w stopniu średnim z zawartością włókna, Mg i P. Ponadto zawartość popiołu była skorelowana z zawartością tłuszczu (tab. 21).

Nasiona ocenianych odmian różniły się pod względem zawartości poszczególnych makroelementów (tab. 22). Nasiona odmian Nadwiślański i Martin zawierały najmniej fosforu i potasu, a odmiany Martin również magnezu oraz charakteryzowały się średnią zawartością wapnia. Istotnie większą koncentrację fosforu stwierdzono w nasionach odmiany Tinos, a potasu, magnezu i wapnia u odmiany Caspar. Zawartość wapnia była dodatkowo skorelowana z zawartością potasu, magnezu i fosforu, potasu – z zawartością magnezu i fosforu, a magnezu nie była skorelowana z zawartością żadnego z badanych makroskładników.

Oceniając zmiany zawartości białka w nasionach bobiku w zależności od zawartości włókna, popiołu, tłuszczu, związków bezazotowych wyciągowych, P, K, Mg i Ca oraz wzajemne korelacje pomiędzy tymi składnikami wyznaczono funkcję regresji wielokrotnej, która przybrała postać:

$$Y = 95,4761 - 0,957738x_1 - 1,47476x_2 - 1,2945x_3 - 0,460213x_4$$

Y – zawartość białka

X₁ – związki bezazotowe wyciągowe

X₂ – popiół

X₃ – tłuszcz

X₄ – włókno

Tabela 22

Skład chemiczny nasion bobiku (% s.m.)
Chemical composition of faba bean seeds (% d.m.)

Składniki Components	Nadwiślański	Bronto	Caspar	Martin	Tinos
Białko ogólne Total protein	29,87 a	29,46 a	27,12 b	29,98 a	29,89 a
Włókno surowe Fibre crude	7,96 a	8,57 bc	8,83 c	8,44 b	8,54 bc
Popiół surowy Ash crude	3,48 a	3,90 b	4,18 c	3,44 a	3,97 b
Tłuszcz surowy Fat crude	1,81 a	2,08 b	2,20 c	1,70 d	2,01 a
Związki bezazot. wyciąg. Nitrogen free extract	56,87 ab	56,0 ab	57,63 b	56,69 a	55,59 a
P	0,62 a	0,66 b	0,68 c	0,64 d	0,74 e
K	1,27 a	1,36 b	1,48 c	0,14 a	1,36 b
Mg	0,16 a	0,19 b	0,20 b	0,14 a	0,21 b
Ca	0,13 a	0,15 b	0,16 c	0,14 a	0,12 d

liczby w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie
numbers within columns followed by the same letters do not differ significantly

Cechy te (x_1-x_4) determinowały koncentrację białka w nasionach bobiku w 99,7%. Oznaczonych makroskładników nie uwzględniono w równaniu regresji, gdyż nie miały one istotnego wpływu na zawartość białka ogólnego.

4.7. OCENA ZACHWASZCZENIA, PORAŻENIA CHOROBYMI GRZYBOWYMI ORAZ USZKODZEŃ NASION POWODOWANYCH PRZEZ STRĄKOWCA

Zastosowane herbicydy i mechaniczne zabiegi pielęgnacyjne (bronowanie) skutecznie ograniczały występowanie chwastów. Tylko w roku 1993 stwierdzono nieco silniejsze występowanie zachwaszczenia wtórnego, spowodowanego większą ilością opadów w drugiej połowie lipca i pierwszej sierpnia. Mniej chwastów występowało w łanie odmian o tradycyjnym typie rozwoju (2 w 9° skali) niż w łanie samokończącej odmiany Tinos (3-4 w 9° skali).

Porażenie roślin przez choroby grzybowe, głównie przez czekoladową plamistość (*Botrytis fabae* Sadr.), w nieco większym nasileniu obserwowano tylko w roku 1993. Objawy choroby pojawiły się na początku lipca. Zaatakowane były głównie dolne liście, a rozprzestrzenianie się porażenia następowało bardzo wolno. Rośliny wszystkich odmian były porażone w podobnym stopniu niezależnie od zagęszczenia łanu.

Ocenę uszkodzeń nasion bobiku powodowanych przez strąkowca bobowego i bobikowego wykonano bezpośrednio po zbiorze. Nasiona odmian samokończących Tinos i Martin oraz białokwitnącej Caspar były uszkodzane w znacznie większym stopniu niż odmian o tradycyjnym typie wzrostu (tab. 23). Zauważono również, iż w roku 1994 nasiona wszystkich odmian były silniej uszkodzane niż w pozostałych latach. W łanie o zagęszczeniu 65 roślin/m² było więcej uszkodzonych nasion niż w łanie o mniejszej liczbie roślin. W roku 1993 tendencja ta dotyczyła nasion odmian o tradycyjnym typie wzrostu, natomiast w latach 1994 i 1995 nasion wszystkich odmian (oprócz odmiany Tinos).

Tabela 23

Procentowy udział nasion uszkodzonych przez strąkowca bobowego
Share (%) of seeds damaged by broadbean weevil

Odmiana Cultivar	1993		1994		1995	
	rzeczywiste zagęszczenie łanu (roślin/m ²) real density of stand (plants/m ²)					
	43	61	46	65	50	69
Nadwiślański	24,0	25,5	33,2	34,1	26,4	27,3
Bronto	23,5	24,0	31,8	30,9	25,1	26,2
Tinos	46,0	42,0	52,4	56,2	49,2	50,4
Martin			53,9	54,4	48,3	49,2
Caspar			50,2	52,3	44,3	45,4
Średnia	31,2	30,5	44,3	45,6	38,7	39,7

5. DYSKUSJA

Prześledzenie tempa gromadzenia się suchej masy w całych roślinach bobiku i w poszczególnych jego organach w okresie od początku kwitnienia do pełnej dojrzałości wskazuje, że w pierwszych czterech tygodniach przyrost suchej masy był powolny, a następnie zwiększał się, szczególnie w łodygach i strąkach (tylko w liściach poziom suchej masy nieznacznie się zmieniał). Niewiele jest prac dotyczących dynamiki gromadzenia suchej masy przez rośliny w ocenianym okresie, a zwłaszcza w odniesieniu do poszczególnych organów bobiku (117). Wiadomo jedynie, że w miarę rozwoju roślin następuje wzrost zawartości suchej masy (112, 152), a plon suchej masy odmian tradycyjnych jest większy niż odmian samokończących (179). Oznaczenia zawartości suchej masy wskazują, że większe było tempo jej gromadzenia przez rośliny odmian samokończących niż tradycyjnych, zwłaszcza w liściach i strąkach. Analiza regresji wykazała istotną dodatnią zależność zawartości suchej masy w strąkach od zawartości suchej masy w łodygach, przy czym zależność ta była ściślejsza u odmian o tradycyjnym typie rozwoju niż u odmian samokończących; może to mieć związek z wyższym poziomem plonowania odmian tradycyjnych. W warunkach ograniczonej ilości opadów, dużym nasłonecznieniu i wysokiej temperaturze rośliny wcześniej osiągały kolejne fazy rozwoju i zawierały więcej suchej masy.

Wzrost zawartości związków bezazotowych wyciągowych w całych roślinach i liściach rozpoczął się w fazie początku kwitnienia, a w strąkach od ich zawiązania się i trwał w tych organach do ciemnienia pierwszych strąków. W łodygach zanotowano w tym okresie zmniejszanie się zawartości związków bezazotowych wyciągowych. Ilość tych substancji jest związana z zawartością węglowodanów łatwo przyswajalnych (węglowodany rozpuszczalne, kwasy organiczne, hemicelulozy i część lignin) i ma wpływ na wartość pokarmową, strawność roślin oraz ich smakowitość. Według Ś l u s a r c z y k i in. (172) w roślinach bobiku w okresie kwitnienia w składzie węglowodanów łatwo przyswajalnych znajduje się dużo cukrów rozpuszczalnych, a znacznie mniej polisacharydów strukturalnych. Tak więc okres kiedy rośliny zawierają najwięcej omawianych związków jest najkorzystniejszy do zbioru bobiku na zielonkę. Większa zawartość węglowodanów w całych roślinach białokwitnącej odmiany Caspar wyróżnia tę odmianę wśród pozostałych jako najbardziej przydatną do zbioru na zieloną masę. Zróżnicowane warunki atmosferyczne w latach miały wpływ na zawartość związków bezazotowych wyciągowych, zarówno w całych roślinach, jak i poszczególnych organach. W dostępnej literaturze brak jest dokładnych informacji dotyczących tego zagadnienia.

Wyniki analiz wykazały, iż całe rośliny i łodygi bobiku największą zawartością tłuszczu odznaczały się w fazie początku kwitnienia, natomiast strąki i liście na ogół w fazie zawiązywania się strąków. K o t e c k i i J a s i ń s k a (113) podają, że w łodygach obniża się zawartość tłuszczu surowego w miarę dojrzewania roślin. Niewielkie różnice w zawartości tłuszczu, oznaczanego w odstępach tygo-

dniowych, świadczą o wolniejszym tempie jego gromadzenia niż pozostałych składników pokarmowych. Odnotowano ponadto małe jego zróżnicowanie między odmianami. W roku o małej ilości opadów i wilgotności powietrza, całe rośliny, liście i strąki zawierały mniej tego składnika niż w latach wilgotnych. Natomiast różna zawartość tłuszczu w łodygach w latach 1993 i 1995 jest trudna do wyjaśnienia, gdyż warunki atmosferyczne w tych latach były podobne. Świadczy to zatem o wpływie innych czynników niż warunki siedliskowe na gromadzenie się tłuszczu w tym organie.

Zawartość włókna zwiększała się w okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej roślin. Wzrost ten nie był jednakowy; największy zanotowano w łodygach, zaś najmniejszy w liściach i strąkach. Podobną tendencję do zmian zawartości tego składnika w całych roślinach obserwowali także Rutkowski i Fordoński (152), a w łodygach bobiku Kotecki i Jasińska (113). W okresie kwitnienia dynamika wzrostu zawartości włókna w roślinach odmian samokończących była znacząco większa niż w roślinach odmian o tradycyjnym typie rozwoju. Porównanie zawartości włókna w całych roślinach, liściach, strąkach i łodygach ocenianych odmian wskazuje, iż istotne różnice dotyczyły tylko łodyg. Najmniejsza zawartość tego składnika wystąpiła w łodygach białokwitnącej odmiany Caspar. Odmiana ta była bowiem wyhodowana z myślą o wykorzystaniu do bezpośredniego skarmiania (na zielonkę). Warunki atmosferyczne w omawianym okresie znacząco wpływały na zawartość włókna w całych roślinach i łodygach; więcej włókna stwierdzono w roku suchym niż w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej. W roku o małej ilości opadów znacznie większa była też dynamika wzrostu jego zawartości. Zwiększenie zagęszczenia łąny z 46 do 65 roślin/m² przyczyniło się do zmniejszenia zawartości włókna w łodygach roślin bobiku. Mniejsza obsada roślin ułatwia przenikanie większej ilości energii słonecznej do niższych części roślin, co sprzyja tworzeniu węglowodanów szkieletowych. Stwierdzona w liściach odmian o tradycyjnym typie rozwoju ujemna zależność zawartości białka od zawartości włókna wskazuje na większą przydatność tych odmian do uprawy na zielonkę niż odmian samokończących.

Wyniki analiz chemicznych wykazały, że mniej azotu zawierały rośliny bobiku w fazie dojrzewania niż początku kwitnienia, przy czym dynamika zmniejszania się zawartości tego składnika była zróżnicowana w poszczególnych organach; najszybciej przebiegała w liściach, najwolniej zaś w strąkach. Tendencję do zmniejszania się koncentracji azotu w roślinach bobiku stwierdziła również Kocón (100), według której zawartość najbardziej maleje w łodygach, a stosunkowo małym zmianom ulega w blaszkach liściowych, brodawkach korzeniowych i kwiatach. Również Kotecki i Jasińska (113) podają, że w strączynach i łodygach w miarę dojrzewania roślin zmniejsza się zawartość azotu. Według Rutkowskiego i Fordońskiego (152) zawartość N w całych roślinach bobiku maleje w okresie od początku kwitnienia do fazy płaskiego strąka, zaś według Benedykiej i Nowaka (12) maleje między fazą butonizacji i pełnią

kwitnienia, ale ponownie wzrasta w fazie czernienia strąków. Z kolei S t a r c k (172) wykazała, że w okresie wegetacji, wraz ze starzeniem się roślin zawartość azotu maleje, zaś w okresie owocowania w znacznej części przemieszczany jest on z liści do organów generatywnych. Ubytek azotu w roślinach pszenżyta i pszenicy jarej obserwowali także W o j c i e s k a i in. (189, 190). Ocena zawartości azotu w całych roślinach bobiku nie wykazała istotnych różnic między odmianami w zależności od ich typu rozwojowego. Jedynie liście odmiany Martin zawierały mniej azotu niż pozostałych odmian, a strąki i łodygi odmian Nadwiślański, Bronto, Tinos i Martin zawierały go więcej w porównaniu z tymi organami odmiany Caspar. Mniejsza zawartość azotu w strąkach tej odmiany była związana z mniejszą jego zawartością w nasionach.

Poszczególne organy roślin bobiku różniły się zawartością azotu ogólnego. Podczas kwitnienia największą jego koncentracją odznaczały się liście, natomiast po wytworzeniu strąków właśnie te organy zawierały najwięcej azotu. Z kolei najmniej azotu zawierały łodygi. Podobne zależności obserwowano również K o c o Ń (99). Warunki atmosferyczne miały znaczący wpływ na gromadzenie azotu. W roku suchym całe rośliny bobiku zawierały mniej azotu niż w latach o ilości opadów zbliżonej do średniej wieloletniej. Prawdopodobnie było to związane z mniej intensywnym przebiegiem procesu fotosyntezy w gorszych warunkach wilgotnościowych. W roku suchym liście białokwitnącej odmiany Caspar zawierały mniej azotu niż w latach o większej ilości opadów. Taka reakcja tej odmiany jest trudna do wyjaśnienia. Zawartość azotu w łodygach i liściach była podobna, niezależnie od warunków pogodowych w omawianych latach.

Śledząc przebieg zawartości popiołu w poszczególnych organach można zauważyć, że w miarę rozwoju bobiku następowało zmniejszanie się zawartości tego składnika w całych roślinach, strąkach i łodygach; w liściach zmiany nie były regularne. Wyniki dotyczące dynamiki zawartości popiołu w całych roślinach bobiku są zgodne z opinią innych autorów (152). Liście odmian o samokończącym typie rozwoju zawierały więcej popiołu niż liście odmian tradycyjnych. Ta zwiększona zawartość popiołu mogła być następstwem większej zdolności do gromadzenia składników mineralnych w tych organach przez rośliny odmian o samokończącym typie rozwoju lub być związane z tym, iż liście omawianych odmian umieszczone są bliżej powierzchni gleby niż u odmian tradycyjnych (krótsze odcinki łodygi między liśćmi), co może powodować większe gromadzenie się zanieczyszczeń mineralnych po opadach deszczu. W strąkach odmiany Nadwiślański gromadziła się mniejsza ilość popiołu niż w strąkach pozostałych odmian. Wydaje się, iż miało to związek z mniejszą zawartością fosforu i potasu w nasionach tej odmiany. W okresie kwitnienia łodygi wszystkich odmian zawierały zbliżoną ilość popiołu, natomiast przed zbiorem łodygi odmian samokończących gromadziły więcej składników mineralnych niż odmiany o tradycyjnym typie rozwoju. Rośliny odmian o zdeterminowanym typie rozwoju kończą swój wzrost po wytworzeniu kwiatostanu na wierzchołku łodygi i wcześniej dojrzewają, natomiast łodygi odmian o niezdeteminowa-

nym typie wzrostu w okresie zbioru pozostają zielone, co może świadczyć, iż odbywa się w nich jeszcze transport składników mineralnych. Odnotowano, iż w okresie od kwitnienia do zbioru w roku suchym w liściach bobiku zwiększała się zawartość popiołu, natomiast w latach o korzystnym rozkładzie opadów obserwowano zmniejszanie się tej zawartości, zwłaszcza u odmian tradycyjnych – Nadwiślański i Bronto. Wydaje się, iż w warunkach suszy glebowej wystąpiło przedwczesne zamieranie wiązek przewodzących i składniki popielne nie zostały odprowadzone do organów zapasowych. Rośliny uprawiane w większym zagęszczeniu (65 szt./m²) zawierały więcej składników mineralnych niż w łanie o mniejszej obsadzie.

Na dynamikę zmian zawartości fosforu w całych roślinach i poszczególnych organach wywierały wpływ warunki pogodowe. W latach wilgotnych w liściach, strąkach i łodygach malała jego zawartość, natomiast w całych roślinach zmiany były niewielkie. W roku suchym z kolei w strąkach zawartość tego pierwiastka nie zmieniała się, a w pozostałych organach ulegała zmniejszeniu. W procesie starzenia się zawartość fosforu maleje. W procesie starzenia się roślin zawartość fosforu maleje – według K o t e c k i e g o i J a s i ń s k i e j (113) w strączynach i łodygach bobiku, B e n e d y c k i e j i N o w a k a (12) w całych roślinach bobiku, a według S t a r c k (172) również w roślinach innych gatunków. Natomiast R u t k o w s k i i F o r d o ń s k i (152) wykazali nieznaczny wzrost koncentracji tego składnika w całych roślinach bobiku w miarę postępowania wegetacji. Własne badania wykazały, że zbliżoną ilość fosforu gromadziły całe rośliny, strąki i liście porównywanych odmian niezależnie od typu morfologicznego. Tylko przed zbiorem łodygi samokończących odmian Tinos i Martin oraz białokwitnącej Caspar zawierały znacznie więcej fosforu niż łodygi odmian o tradycyjnym typie rozwoju – Nadwiślański i Bronto. Pędy odmian samokończących przed osiągnięciem dojrzałości kończą wzrost, a składniki pokarmowe, w tym również fosfor, są odprowadzane do części zapasowych (strąki, nasiona). Natomiast wzrost łodyg odmian o niezdeterminowanym typie rozwoju trwa znacznie dłużej, co pozwala przypuszczać, iż dlatego gromadzą one znacznie więcej tego składnika.

Wykazano, iż w okresie od początku kwitnienia do dojrzałości pełnej następowało zmniejszanie się zawartości potasu w roślinach bobiku. Podobne wyniki dotyczące zmian koncentracji tego składnika w roślinach bobiku podaje również P o d l e ś n a (147), a dotyczące grochu – K o c o ń (101). Zdaniem tych autorów jest to związane z dużym przyrostem masy poszczególnych organów roślin i nieco mniejszym tempem pobierania tego składnika. Najmniejsza różnica w zawartości potasu w okresie między zawiązywaniem się a dojrzewaniem dotyczyła strąków. Jest to zgodne z opinią również innych autorów (12, 152). Jony potasu pobierane są bardzo szybko w porównaniu z innymi jonami i transportowane do nadziemnych części rośliny oraz charakteryzuje je duża ruchliwość (147). Być może przemieszczanie się tego jonu ze strąków jest wolniejsze i tym spowodowana jest mniejsza różnica jego zawartości w okresie między zawiązaniem się a dojrzewaniem strąków. Oceniając różnice między odmianami w koncentracji potasu w poszczegól-

nych organach roślin stwierdzono, iż w łodygach była ona większa u odmiany Martin, a w liściach i strąkach u odmiany Caspar. Prawdopodobnie odmianę Caspar charakteryzuje większa zdolność gromadzenia potasu niż odmiany polskiej hodowli o tradycyjnym typie rozwoju. W roku suchym zasobniejsze w potas, niż w latach wilgotnych, były liście, strąki i łodygi odmiany Nadwiślański. Więcej potasu gromadziły rośliny w poszczególnych organach w łanie o większym zagęszczeniu.

W miarę dojrzewania bobiku malała zawartość wapnia w całych roślinach i strąkach. Gromadził się on natomiast w łodygach i liściach, gdzie jego zawartość wzrastała. K o t e c k i i J a s i ń s k a (113) zanotowali wzrost zawartości tego pierwiastka w łodygach i strączynach bobiku w miarę dojrzewania roślin. Jon wapnia pobierany jest stosunkowo wolno i przenoszony biernie wraz z prądem transpiracyjnym w stronę wierzchołka rośliny. Wykazuje małą ruchliwość i doprowadzony do tkanki roślinnej nie jest z niej odprowadzany i akumuluje się w starszych liściach. Podobne tendencje zmian zawartości wapnia w całych roślinach bobiku od fazy wegetatywnej do czernienia roślin obserwowali również B e n e d y c k a i N o w a k (12) oraz R u t k o w s k i i F o r d o ń s k i (152). Zmniejszanie się koncentracji wapnia następuje także w roślinach pszenicy i pszenżyta (189, 190). Natomiast S t a r c k (172) podaje, że u wielu gatunków roślin wraz z dojrzewaniem następuje wzrost zawartości wapnia. Rośliny porównywanych odmian bobiku nie różniły się pod względem zawartości wapnia; wyjątek stanowiły rośliny odmiany Caspar, które charakteryzowała mniejsza jego zawartość. W roku suchym dynamika gromadzenia tego składnika była znacznie większa i rozpoczęła się wcześniej niż w latach wilgotnych.

Zawartość magnezu w całych roślinach oraz w strąkach i łodygach zmniejszała się wraz z rozwojem bobiku w okresie od kwitnienia (w strąkach – od ich zawiązania się) do dojrzałości, natomiast wzrastała w liściach. Uzyskane wyniki dotyczące kształtowania się zawartości tego makroskładnika w całych roślinach są potwierdzeniem wyników badań R u t k o w s k i e g o i F o r d o ń s k i e g o (152), a w łodygach K o t e c k i e g o i J a s i ń s k i e j (113), lecz nie są zgodne z obserwacjami B e n e d y c k i e j i N o w a k a (12). Zawartość magnezu w roślinach była podobna niezależnie od odmiany; tylko rośliny odmiany Caspar zawierały go mniej. Prawdopodobnie skutkiem tego może być mniejsza efektywność aparatu fotosyntetycznego, a w efekcie niższy poziom plonowania nasion odmiany Caspar. Bowiem, jak podaje C z e r w i ń s k i (30), brak magnezu hamuje fotosyntezę, oddychanie, a także gromadzenie się węglowodanów, białek i tłuszczu w organach roślin. W roku o niekorzystnych warunkach wilgotnościowych rośliny zawierały mniej magnezu niż w latach bardziej wilgotnych. Zwiększenie zagęszczenia łanu z 46 do 65 roślin/m² nie miało istotnego wpływu na zawartość tego składnika w poszczególnych organach bobiku. Natomiast S t a r c k (172) podaje, iż w roślinach uprawianych w większym zagęszczeniu, a tym samym bardziej zacienionych, koncentracja magnezu jest większa.

Mały był wpływ obsady roślin bobiku na zawartość suchej masy, azotu, tłuszczu, związków bezazotowych wyciągowych i makroskładników w poszczególnych

organach w okresie od kwitnienia do pełnej dojrzałości nasion. Wydaje się, iż obsada roślin wynosząca 46 szt. na 1 m², jak również zagęszczenie łąnu do 65 roślin/m² są zbliżone do optymalnej dla tego gatunku i dlatego nie miała ona wpływu na akumulację tych składników.

W warunkach małej ilości opadów wszystkie badane odmiany plonowały na zbliżonym poziomie, ale istotnie niższym niż w pozostałych latach o przeciętnych warunkach wilgotnościowych. Podobny poziom plonowania odmian samokończących i tradycyjnych w warunkach niedoboru wilgoci w glebie wskazuje, iż odmiany o zdeterminowanym typie wzrostu są mniej wrażliwe na ten czynnik niż odmiany o niezdedeterminowanym typie wzrostu. W latach korzystnych dla uprawy bobiku istotnie lepiej plonowały odmiany tradycyjne – Nadwiślański i Bronto niż samokończące – Tinos i Martin oraz białokwitnąca (tradycyjna) Caspar. Wyniki te potwierdzają wcześniejsze doniesienia innych autorów odnośnie słabszego plonowania odmian o zdeterminowanym typie wzrostu (20, 21, 54, 85, 109, 135, 180), jak również odmiany Caspar (180), w porównaniu z odmianami tradycyjnymi. Nie znajduje natomiast potwierdzenia w dostępnej literaturze stwierdzenie mniejszej reakcji tych odmian na stres spowodowany suszą glebową. Większe plony w roku o małej ilości opadów w okresie kwitnienia-dojrzałość uzyskano przy zagęszczeniu 65 niż 46 roślin/m². Również we wcześniej przeprowadzonych doświadczeniach z odmianami o tradycyjnym typie wzrostu stwierdzono, że w suchszych warunkach siedliskowych rośliny wysiane gęściej dają większe plony (17). W latach o korzystnym przebiegu pogody w okresie wegetacji zwiększenie zagęszczenia łąnu roślin z 46 do 65 szt./m² nie miało wpływu na poziom plonowania bobiku (niezależnie od typu odmiany). Obsadę roślin około 50 szt./m² dla odmian tradycyjnych i samokończących jako najkorzystniejszą uznali również F o r d o ņ s k i i in. (54). Późniejsze prace B o r o w i e c k i e g o i in. (20, 21) wskazują, że optymalna obsada bobiku wynosi 40-50 roślin na 1 m² dla wszystkich odmian, w tym dla samokończącej Tibo. Zdaniem S t e u k a r d a (173, 174) odmiany samokończące wymagają zwiększonego wysiewu w porównaniu z tradycyjnymi, dla zrekompensowania nieco niższej plenności. Wyniki badań nad ustaleniem optymalnego zagęszczenia bobiku o samokończącym typie wzrostu są zróżnicowane, co prawdopodobnie było związane z niejednakowymi warunkami siedliskowymi w jakich prowadzono doświadczenia (54, 81, 107, 108, 110, 135, 149). J a s i ņ s k a i K o t e c k i (84) podają, że zwiększenie ilości wysiewu z 40 do 70 nasion/m² niekorzystnie zmieniało parametry struktury plonu w odniesieniu do pojedynczych roślin, ale nie miało bezpośredniego związku z plonowaniem. W innych badaniach ci sami autorzy (85) wskazują, że optymalny wysiew nasion dla odmian tradycyjnych wynosi 55 szt./m², a dla samokończących (Tibo) – 70 szt./m². M c V e t t y i in. (123) podają, że zwiększenie zagęszczenia z 35 do 58 roślin na 1 m² nie powoduje zwwyżki plonu nasion, zaś według H ũ g i i K e l l e r a (76) największe plony uzyskuje się przy wysiewie 50-60 nasion na 1 m². Wszystkie badane odmiany w roku suchym charakteryzował znacznie większy indeks żniwny (o 50-70%). Wydaje się, że w wa-

runkach mniejszej wilgotności gleby silniej ograniczany jest przyrost masy wegetatywnej niż nasion i wówczas rośliny odznaczają się korzystniejszym stosunkiem nasion do wytworzonej biomasy.

W roku o małej ilości opadów, w okresie od kwitnienia do pełnej dojrzałości nasion, przed zbiorem liczba strąków na roślinie odmian samokończących była podobna, jak w latach o optymalnych warunkach wilgotnościowych, co nie znajduje potwierdzenia w dostępnej literaturze. Większa liczba strąków na roślinie odmiany Martin niż odmian tradycyjnych również odbiega od wyników przedstawionych przez B o r o w i e c k i e g o i in. (21). W łanie zagęszczonym do 65 szt./m² rośliny zawiązywały mniej strąków niż w łanie o obsadzie 46 szt./m². O ograniczeniu zawiązywania strąków przez rośliny w łanie o większym zagęszczeniu donoszą między innymi B o c h n i a r z i in. (15, 16), B o r o w i e c k i i in. (21), J a s i ń s k a i K o t e c k i (82, 84), K o t e c k i (110) oraz Z i e l i ń s k a i in. (195). Brak korelacji między liczbą strąków na roślinie a plonem nasion jest trudny do wyjaśnienia. Mógł być spowodowany tym, że analiza korelacji była wykonana łącznie dla odmian samokończących i tradycyjnych uprawianych w obsadzie 46 i 65 roślin/m². Może to wynikać również ze zbyt małej liczebności uwzględnionej próby. Dodatnią korelację plonu nasion z liczbą strąków na roślinie, liczbą nasion z rośliny, masą nasion z rośliny i z masą 1000 nasion zanotowali także inni autorzy (86, 109). Również dodatnią korelację poziomu plonowania rodów bobiku o zdeterminowanym typie wzrostu z liczbą strąków dobrze wypełnionych (tj. z 2 i 3 nasionami) oraz ujemną korelację między plonem nasion a liczbą strąków niedorodnych stwierdzili R z a s a i B o b r e c k a - J a m r o (155). Z kolei J a s i ń s k a i K o t e c k i (84) wykazali dodatnią korelację między liczbą strąków a liczbą kwiatów na roślinie. W badaniach własnych odnotowano tendencję do ograniczenia liczby i masy nasion z rośliny w łanie o większym zagęszczeniu. Obniżenie poziomu produktywności pojedynczej rośliny na skutek zagęszczenia łanu bobiku obserwowali również inni autorzy (15, 195). J a s i ń s k a i K o t e c k i (84) stwierdzili ujemną korelację między zagęszczeniem roślin przed zbiorem a liczbą i masą nasion z rośliny. W przeprowadzonych badaniach zwiększenie zagęszczenia łanu z 46 do 65 szt./m² nie miało istotnego wpływu na wielkość nasion. Podobne spostrzeżenia przedstawiają B o c h n i a r z i in. (15), natomiast B o r o w i e c k i i in. (21) zaobserwowali tendencję do zmniejszania się masy 1000 nasion wraz ze wzrostem liczby roślin na jednostce powierzchni oraz wykazali istnienie zależności plonu nasion bobiku od ich wielkości. W badaniach własnych nie były skorelowane inne elementy struktury (liczba strąków na węźle, liczba strąków na roślinie, masa 1000 nasion) kształtujące plon nasion bobiku. Jest to zbieżne z wynikami F i l k a (49) oraz P a ł k i i in. (136), którzy również nie stwierdzili istnienia zależności między masą 1000 nasion a żadną cechą kształtującą plon nasion. Według F i l k a (49), może to być przejawem labilności tej cechy i jej uzależnienia od warunków środowiska panujących podczas wypełniania się nasion. Rozmieszczenie strąków na dłuższym odcinku pędu u odmian o tradycyjnym typie rozwoju niż u odmian samo-

kończących, zanotowane w badaniach własnych, obserwowane było już przez innych autorów (21). Dłuższe łodygi u odmian o tradycyjnym typie rozwoju niż u samokończących obserwowali B o r o w i e c k i i in. (20, 21) oraz w badaniach COBORU (174). G o l i ń s k a (61) i K o t o w s k i (114) stwierdzili dodatnią korelację między wysokością roślin a liczbą strąków na roślinie. Liczba nasion w strąku ulegała najmniejszej zmienności spośród cech morfologicznych. Zdaniem F i l k a (49) jest to cecha bardzo stabilna i mało zależna od warunków wegetacji. Według tego autora liczba nasion w strąku była dodatnio skorelowana z liczbą strąków, liczbą i masą nasion z rośliny, a nie była skorelowana z masą 1000 nasion. Wysokość zawiązania się pierwszego owocującego węzła na pędzie nad powierzchnią gleby charakteryzowała duża zmienność. Podobne zmiany u innych odmian bobiku obserwowali również J a s i ń s k a i K o t e c k i (82). Małe zmiany długości i szerokości strąków następujące pod wpływem badanych czynników są zgodne z obserwacjami innych autorów (82, 107, 114). Liczba strąków na węzle i liczba węzłów ze strąkami nie była uwzględniana w opublikowanych pracach innych autorów. W związku z tym stwierdzonych tendencji do zmian tych cech pod wpływem zróżnicowania zagęszczenia roślin oraz różnic charakteryzujących odmiany nie można skonfrontować z danymi literaturowymi.

Z roślin odmian Bronto i Caspar opadało znacznie mniej kwiatów i zawiązanych strąków niż z roślin pozostałych odmian. Zwiększenie zagęszczenia roślin w łanie, jak również susza glebowa powodowały wzmożone opadanie tych organów. J a s i ń s k a i K o t e c k i (84) podają, że susza w okresie pąkowania i kwitnienia bobiku powoduje zrzucanie pąków kwiatowych i kwiatów jeszcze przed zapłodnieniem. Konsekwencją tego jest mniejsza liczba strąków i ich nieregularne rozmieszczenie na owocującym odcinku łodygi. Rzeczywistą produktywność bobiku, wynoszącą 5-35% wydajności potencjalnej, G a t e s i in. (53), K e l l e r (97) oraz J a q u i e r y (79) tłumaczą konkurencyjnie szybszym tempem wzrostu i rozwoju wegetatywnych niż generatywnych organów roślin. Niedostateczna ilość asymilatów występująca w tym czasie w kwiatostanach spowodowana jest zachowaniem poziomu endogennych fitohormonów (26, 40). Może to być również wywołane efektem dominacji w samym kwiatostanie bobiku (83) lub tym, że zapyłone kwiaty i następnie rozwijające się strąki hamują rozwój bardziej dystalnych kwiatów (154).

Rośliny odmian o niezdeterminowanym typie rozwoju wytwarzały znacznie więcej liści niż odmian o samokończącym typie wzrostu. Jednak rośliny odmian samokończących maksymalną liczbę liści osiągały już na początku kwitnienia, natomiast odmian tradycyjnych znacznie później. Można zatem przypuszczać, że większa liczba liści (większa powierzchnia asymilacyjna), jak również dłuższy okres ich żywotności u odmian tradycyjnych są jednymi z czynników decydujących o wyższym poziomie plonów nasion. Jest to potwierdzeniem wyników pracy F i l k a (49). Liczba liści wpływa także znacząco na ilość wykorzystanej energii słonecznej (48), bowiem udział liści w globalnej asymilacji egzogennej CO₂ wynosi po-

nad 90% (106). Potwierdza to również spostrzeżenia F i l k a (49), że rośliny wytwarzające dużą biomasę i dobrze plonujące, podczas kwitnienia osiągają wyraźnie większą powierzchnię liściową niż rośliny plonujące słabo. Wydaje się zatem, że mniejsza liczba liści na roślinach w roku o małej ilości opadów była znaczącym czynnikiem ograniczającym produktywność bobiku. Na dużą rolę powierzchni liściowej w produktywności roślin bobiku wskazują również H e r z i in. (74). Natomiast zdaniem K o t e c k i e g o (111) wielkość powierzchni asymilacyjnej na początku i na końcu kwitnienia nie ma wpływu na masę nasion z rośliny i plony nasion, niezależnie od morfotypu bobiku.

Rośliny odmian samokończących – Tinos i Martin oraz białokwitnącej Caspar wytwarzały krótsze pędy niż rośliny odmian tradycyjnych. Uprawa bobiku w gęściejszym łanie (65 roślin/m²) również powodowała wyrastanie dłuższych pędów. W roku 1994 korzystny był przebieg pogody w okresie od siewu do początku kwitnienia bobiku (suma opadów 195 mm), co sprzyjało wzrostowi wegetatywnemu, w wyniku czego rośliny na początku kwitnienia były znacznie wyższe niż w tym samym terminie w pozostałych latach badań. W tym samym roku (1994), pomimo niesprzyjających uprawie bobiku warunków wilgotnościowych, w okresie od kwitnienia do dojrzałości rośliny odmian samokończących wytworzyły dłuższe pędy niż w roku 1993, a zwłaszcza w 1995. Na podstawie tych obserwacji można sądzić, że odmiany samokończące, w porównaniu z tradycyjnymi, charakteryzuje w okresie od wschodów do kwitnienia szybsza dynamika wzrostu pędu.

Szerokość strąków porównywanych odmian była podobna; odmiana Caspar wyróżniała się natomiast najdłuższymi strąkami. Nie stwierdzono znaczącego związku tych cech z plonowaniem bobiku oraz wielkością nasion. W warunkach małej ilości opadów w okresie od kwitnienia do dojrzenia, ale znacznie większej niż średnia wieloletnia we wcześniejszym okresie, zaobserwowano, iż rośliny wytwarzały dłuższe i szersze strąki. Wskazuje to, iż kształtowanie tych cech rozpoczyna się przed pojawieniem się zawiązków strąków.

Nasiona odmian Nadwiślański, Bronto, Tinos i Martin nie różniły się wyraźnie zawartością białka, włókna, popiołu, tłuszczu i związków bezazotowych wyciągowych. Jednocześnie zawartość tych składników nie odbiegała od wartości cytowanych w literaturze (12, 85, 145). Jedynie nasiona odmiany Caspar zawierały mniej białka o 2,5% oraz więcej związków bezazotowych wyciągowych o około 1,5%. Jest to odmiana białokwitnąca i być może tym jest spowodowana mniejsza zawartość tych składników w jej nasionach w porównaniu z nasionami innych odmian. W warunkach suszy glebowej nasiona porównywanych odmian zawierały najwięcej azotu ogólnego i związków bezazotowych wyciągowych, co nie znajduje potwierdzenia w literaturze. P i s u l e w s k a i in. (145) stwierdzili silną zależność zawartości tłuszczu w nasionach od warunków pogodowych w okresie wegetacji. Autorzy ci podważają tezę podawaną w literaturze, że skład chemiczny nasion bobiku nie podlega większym wahaniom pod wpływem czynników środowiska. N o w a c k a - Z a b o r s k a i O l e s z e k (133) podają, iż w warunkach suszy

nasiona bobiku zawierają więcej tłuszczu. W badaniach własnych, u wszystkich ocenianych odmian stwierdzono ujemną korelację zawartości białka w nasionach z zawartością popiołu, związków bezazotowych wyciągowych, potasu i magnezu oraz istnienie dodatniej korelacji między zawartością związków bezazotowych wyciągowych a masą 1000 nasion. Zależności te znajdują potwierdzenie w pracach J a s i ń s k i e j i K o t e c k i e g o (85, 87). Zmiana zagęszczenia ładu bobiku nie miała znaczącego wpływu na gromadzenie omawianych składników w nasionach, co było również odnotowane przez B o c h n i a r z a i in. (16).

Trzykrotnie mniej opadów, znacznie mniejsza wilgotność powietrza, duże usłonecznienie, wysokie temperatury powietrza w okresie od kwitnienia do pełnej dojrzałości nasion w roku 1994 spowodowały skrócenie okresu wegetacji oraz obniżkę plonu nasion bobiku. Warunki takie, według wielu autorów (49, 77, 91, 93, 120, 121), powodują zmniejszenie liczby kwiatów i ich płodności oraz liczby osadzonych strąków. Jak podaje K o c o ń (99) wpływają one niekorzystnie na przebieg fotosyntezy, między innymi poprzez przymykanie aparatów szparkowych, wzrost oporów dyfuzyjnych i w efekcie utrudnioną wymianę gazową, a także powodują silniejszą konkurencję o asymilaty, pogorszenie indeksu żniwnego, skrócenie fazy generatywnej i przyspieszenie procesu starzenia się roślin. Skutkiem występującej suszy, gdy rośliny znajdują się w fazie wegetatywnej, jest znaczne obniżenie potencjału wody w liściach oraz intensywności fotosyntezy w okresie kwitnienia i wykształcania się strąków (49). Po suszy w okresie kwitnienia i intensywnego rozwoju strąków następuje znaczne zmniejszenie się suchej masy roślin i powierzchni liści (49), jako efekt hamowania wzrostu liści i szybszego ich zasychania. Zdaniem tego autora masa nasion bobiku jest ograniczana przez suszę występującą w czasie wykształcania się strąków, natomiast liczba nasion – przez suszę w fazie wegetatywnej roślin. We własnych doświadczeniach susza nie miała wpływu na liczbę węzłów ze strąkami wytwarzanych na pędzie. Podobne obserwacje poczynił również F i l e k (49).

Odmiany bobiku o samokończącym typie wzrostu do osiągnięcia dojrzałości wymagały mniejszej sumy temperatur niż odmiany o tradycyjnym typie rozwoju. Według F i l k a (49) oraz J a s i ń s k i e j i K o t e c k i e g o (83) suma temperatur potrzebna dla osiągnięcia pełnej dojrzałości nasion wynosi około 2000°C. Zanotowane w badaniach własnych znacznie wyższe usłonecznienie w 1994 roku przyczyniło się do zmniejszenia wilgotności powietrza, a poprzez to do obniżki plonu nasion bobiku. Jak podaje J a q u i e r y i K e l l e r (79) tworzenie plonu nasion u bobiku jest bowiem zależne od usłonecznienia, zwłaszcza podczas fazy zawiązywania strąków, kiedy występuje silna konkurencja o asymilaty ze strony intensywnie rosnących organów wegetatywnych. Duże usłonecznienie we wczesnych fazach rozwoju działa korzystnie na plon nasion, natomiast w końcu kwitnienia i w okresie dojrzewania nasion – negatywnie (167). Zdaniem J a s i ń s k i e j i K o t e c k i e g o (83) bobik reaguje ujemnie nie tylko na niedobór wody w glebie, lecz także wilgoci w powietrzu. Z kolei P y z i k i B o b r e c k a - J a m-

ro (149) podają, że warunki pogody w okresie wegetacji miały większy wpływ na skład chemiczny nasion niż rejon uprawy, a koncentracji białka i tłuszczu w nasionach sprzyjały duża ilość opadów oraz niska temperatura powietrza.

Niska temperatura gleby na wiosnę w 1995 roku spowodowała, że wschody bobiku trwały znacznie dłużej niż w innych latach. Wskutek tego rośliny bobiku pierwszy węzeł ze strąkami wytwarzały niżej powierzchni gleby niż w pozostałych latach badań. Również F i l e k (48) opisał taką reakcję roślin bobiku na działanie niskiej temperatury wiosną. Ponadto autor ten obserwował przyspieszenie terminu zakwitania roślin, czego nie odnotowano w badaniach własnych u żadnej z odmian.

Nasiona odmian samokończących – Tinos i Martin – oraz białokwitnącej Caspar były uszkodzane przez strąkowca bobowego w znacznie większym stopniu niż nasiona odmian o tradycyjnym typie wzrostu. Mogło to być spowodowane wcześniejszym zakwitaniem roślin tych odmian niż tradycyjnych i nalatujące na plantację owady więcej jaj składały na roślinach już kwitnących. Odmiana Caspar zawiera znikome ilości substancji antyżywniowych (tanin skondensowanych 0,070 mg/g s.m.; wzorzec 0,749 mg/g s.m.), co mogło być również powodem silniejszego uszkodzenia nasion przez strąkowca. W roku 1994 nasiona wszystkich odmian były silniej uszkodzane niż w pozostałych latach. Prawdopodobnie było to efektem wyższych temperatur powietrza w tym roku, co spowodowało przyspieszenie cyklu rozwojowego szkodników. Z łanu o zagęszczeniu 65 roślin/m² pochodziło więcej uszkodzonych nasion niż z łanu o mniejszej liczbie roślin. W roku 1993 dotyczyło to nasion odmian o tradycyjnym typie wzrostu, natomiast w latach 1994 i 1995 nasion wszystkich odmian (oprócz odmiany Tinos), co mogło być spowodowane tym, iż w łanie o większym zagęszczeniu rośliny rosną bliżej siebie, wskutek czego szkodniki mogą się łatwiej przemieszczać i składać jaja na większej liczbie roślin.

Szczegółowe obserwacje rozwoju oraz kształtowania się cech morfologicznych roślin bobiku w okresie od początku kwitnienia do dojrzałości wykazały znaczące różnice między odmianami o samokończącym i tradycyjnym typie rozwoju, które mają istotny związek z poziomem ich plonowania. Rośliny odmian samokończących wytwarzały mniej strąków niż rośliny odmian tradycyjnych. Wcześniej osiągały pełną obsadę strąków na mniejszej ilości węzłów, ale na jeden węzeł przypadało więcej strąków niż u odmian tradycyjnych. Odmiany Tinos i Martin w porównaniu z Nadwiślańskim i Bronto cechował mniej korzystny stosunek liczby strąków wykształconych do ich liczby maksymalnej. Rośliny odmian o szczytowym kwiatostanie wytwarzały znacznie krótsze łodygi i owocujące odcinki pędu oraz mniej liści w porównaniu z roślinami odmian tradycyjnych, a maksymalną liczbę liści wytwarzały w fazie początku kwitnienia kwiatostanów, natomiast rośliny odmian tradycyjnych, gdy widoczne były strąki w 3-5 gronach kwiatostanu. Zależność zawartości suchej masy w strąkach od jej zawartości w łodygach była silniejsza u odmian tradycyjnych niż samokończących, co może mieć wpływ na lepsze plonowanie tych pierwszych. Odmiany bobiku o samokończącym typie rozwoju do osiągnięcia dojrzałości wymagały mniejszej sumy temperatur niż odmiany o tradycyjnym typie rozwoju.

6. WNIOSKI

1. W okresie od zakwitania do dojrzałości pełnej bobiku następują znaczne zmiany w zawartości suchej masy w poszczególnych organach oraz całych roślinach. Szczególnie szybki jej przyrost następuje w łodygach i strąkach po kwitnieniu roślin.

2. Większa zawartość suchej masy cechuje bobik rosnący w warunkach niedostatku wody. W roku suchym liście i strąki odmian samokończących (Tinos i Martin) zawierały więcej suchej masy niż te same organy u odmian tradycyjnych (Nadwiślański i Bronto) i białokwitnącej – Caspar.

3. W okresie od kwitnienia do dojrzałości pełnej w roślinach bobiku zmniejszała się zawartość:

- **azotu** – najszybciej w liściach, wolniej w łodygach i całych roślinach, a najwolniej w strąkach. Największą jego zawartością odznaczały się liście i strąki, a najmniejszą łodygi. Mniej azotu gromadziły liście odmiany Martin oraz łodygi i strąki odmiany Caspar niż te same organy u pozostałych odmian;
- **składników popielnych** – systematycznie w strąkach, łodygach i całych roślinach; w liściach zmiany te nie były regularne. Liście odmian samokończących w porównaniu z liśćmi odmian tradycyjnych zawierały więcej tych składników. Szczególnie małą zawartością popiołu wyróżniały się strąki odmiany Nadwiślański;
- **fosforu, potasu i magnezu** – w poszczególnych organach i całych roślinach. Największa zasobność w fosfor cechuje liście i strąki, a najmniejsza – łodygi, natomiast najwięcej potasu i magnezu zawierają strąki. Wśród porównywanych odmian większą zasobnością w fosfor i potas wyróżniały się rośliny odmian Caspar i Martin niż Nadwiślańskiego i Bronto;
- **wapnia** – w całych roślinach i strąkach, w przeciwieństwie do łodyg, a zwłaszcza liści, gdzie następuje wzrost zawartości tego składnika. Najwięcej wapnia zawierały liście, a najmniej strąki;
- **tłuszczu surowego** – rośliny gromadziły najmniej w łodygach, a najwięcej w liściach, przy czym różnice odmianowe były nieznaczne.

4. Wraz z rozwojem bobiku od kwitnienia do dojrzałości wzrasta zawartość:

- **związków bezazotowych wyciągowych**, głównie w liściach, strąkach i całych roślinach. Najwięcej tych składników było w strąkach, a najmniej w łodygach. Liście odmian Nadwiślański i Bronto zawierały więcej węglowodanów niż liście odmian Tinos, Martin i Caspar;
- **włókna** – najwięcej zawierały łodygi, zaś najmniej liście i strąki. Szczególnie dużo włókna gromadziły łodygi odmian Nadwiślański i Bronto, a najmniej łodygi odmiany Caspar.

5. Rośliny samokończących odmian bobiku maksymalną obsadę liści osiągały w fazie początku kwitnienia, natomiast odmian tradycyjnych, gdy rośliny wytworzyły strąki w 3-5 gronach. Maksymalna liczba liści u roślin odmian tradycyjnych była o 50-90% większa, w zależności od przebiegu pogody, niż u samokończących.

6. Korzystniejszy stosunek liczby strąków przed zbiorem do maksymalnej liczby zawiązanych strąków cechował odmiany Bronto i Caspar niż odmiany Nadwiślański, Tinos i Martin, co nie miało jednak ścisłego związku z plonem nasion tych odmian.

7. Odmiany o tradycyjnym typie rozwoju (Nadwiślański i Bronto) wytwarzały większy plon nasion niż odmiany samokończące (Tinos i Martin) oraz białokwitnąca Caspar. Wyższy poziom plonów nasion, niezależnie od typu rozwojowego odmiany, osiągnano w warunkach gęściejszego siewu (65 roślin/m²) niż rzadszego (46 szt./m²).

8. Niższy poziom plonowania odmian samokończących aniżeli tradycyjnych jest związany głównie z wytwarzaniem krótszych owocujących części pędu, mniejszej liczby węzłów ze strąkami i strąków na roślinie.

9. Plon nasion bobiku był dodatnio skorelowany z liczbą i masą nasion z rośliny, liczbą nasion w strąku, liczbą węzłów ze strąkami na roślinie i długością owocującej części pędu.

10. Nasiona odmian Nadwiślański, Bronto, Martin i Tinos cechowała podobna zawartość białka ogólnego. Uboższe w białko były nasiona białokwitnącej odmiany Caspar, natomiast zawierały one więcej włókna surowego, tłuszczu surowego i popiołu.

11. Odmiany o samokończącym typie rozwoju (Tinos i Martin) do osiągnięcia dojrzałości wymagają mniejszej sumy temperatur (ok. 1000°C), niż odmiany o tradycyjnym typie rozwoju (Nadwiślański i Bronto – 1120°C).

12. W niekorzystnych warunkach wilgotnościowych, niezależnie od typu rozwojowego odmiany, rośliny wytwarzają mniej węzłów ze strąkami i nasion w strąku oraz osiągają mniejszą masę tysiąca nasion niż w warunkach dobrego zaopatrzenia w wodę. Największą wrażliwość na suszę wykazała odmiana Caspar.

13. W hodowli odmian samokończących, w celu podniesienia poziomu ich plonowania, należy dążyć do zwiększenia liczby strąków poprzez zwiększenie liczby węzłów ze strąkami na roślinie oraz wydłużenie owocującego odcinka pędu, a także zwiększenia liczby liści na roślinie (większa powierzchnia asymilacyjna) oraz wydłużenia okresu ich żywotności.

7. LITERATURA

1. Abdala M. M. F., Fichbeck G.: Growth and fertility of five stock of field beans grown under three temperature regimes, and the effect of natural water stress on seed index of a collection of *Vicia faba* L. Z. Acker und Pflanzenbau, 1978, **147**: 81-91.
2. Abo-El-Zahab A. A., Al-Babawy A. A., Nidawy I. S.: Density studies on faba beans (*Vicia faba* L.). II. Growth parameters. Z. Acker-und Pflanzenbau, 1981, **150**: 303-312.
3. Achundova W. A.: Potencjalnaja i realnaja semennaja produktivnost kormovych bobov raznych sortov. Biol. Nauki, 1967, **11**: 80-83.
4. Alzuet a C., Trevino J., Ortiz L.: Effect of tannins from faba beans on protein utilization in rats. J. Sci. Food Agric., 1992, **59**: 551-553.
5. Aufhammer W., Götz I., Peter M.: Yield performance of field beans (*Vicia faba* L.) in relation to interactions between inflorescences at different nodes. J. Agric. Sci., Camb., 1987, **108**: 479-486.
6. Aufhammer W., Nalborczyk E., Geyer B., Götz I., Mack C., Paluch S.: Interactions between and within inflorescences in relation to the storage capacity of field beans (*Vicia faba*). J. Agric. Sci. Camb. 1989, **112**: 419-424.
7. Augustyniak G., Kościelniak J., Filek W.: Carbon metabolism in leaves and pods of field bean (*Vicia faba* L. *minor*) in relation to their position on the plant. Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci., 1989, **37(4/6)**: 21-29.
8. Austin R. D., Morgan C. L., Ford M. A.: A field study of the carbon economy of normal and topless field beans (*Vicia faba*). *Vicia faba*: physiology and breeding. W: Thompson R. (ed). Martinus Nijhoff Publishers, The Hague /Boston/ London, 1981, 60-79.
9. Barratt D. H. P.: Chemical composition of mature seeds from different cultivars and lines or *Vicia faba* L. J. Sci. Food Agric., 1982, **33**: 603-608.
10. Baudet J., Mousse J.: Amino acid composition in different cultivars of broad beans (*Vicia faba*). Comparison with other legume seeds. W: *Vicia faba*. Feeding value. Processing and Viruses. Bond D.A., Bruksela-Luxemburg, 1980, 67-82.
11. Behairy T. G., Saad A. O. M., Kabesh M. O.: Increasing broad bean (*Vicia faba* L.) yield by early and late nitrogen fertilization. Egypt. J. Agron., 1988, (**13/1**): 137-145.
12. Benedycka Z., Nowak G. A.: Wpływ żywienia azotem na produktywność i gospodarke mineralną bobiku. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura, 1995, **61**: 45-54.
13. Bochniarz J., Bochniarz M.: Wpływ nawożenia fosforem i potasem na plonowanie bobiku w uprawie na nasiona. Roczn. Nauk Rol., 1989, A, **108(2)**: 137-151.
14. Bochniarz J., Cegielski M., Chodulska-Filipowicz L., Kawalec A., Lenartowicz W.: Rozwój i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor* Harz.) w zależności od terminu siewu. Pam. Puł., 1986, **87**: 79-96.
15. Bochniarz J., Frąc J., Kasprzykowska M., Kawalec A., Pleskacz M., Wysocka Z.: Plonowanie bobiku w zależności od zagęszczenia roślin. I. Wzrost i rozwój bobiku oraz struktura plonu przy zbiorze nasion. Pam. Puł., 1986, **88**: 141-153.
16. Bochniarz J., Frąc J., Kasprzykowska M., Kawalec A., Pleskacz M., Wysocka Z.: Plonowanie bobiku w zależności od zagęszczenia roślin. II. Plony i skład chemiczny masy wegetatywnej i nasion oraz pobranie składników pokarmowych z gleby. Pam. Puł., 1986, **88**: 155-166.
17. Bochniarz J., Telec L., Kawalec A.: Wpływ terminu siewu na przebieg rozwoju roślin i plony nasion bobiku. Biul. IHAR, 1975, **5-6**: 241-243.
18. Bond D. A.: Motor of *Vicia faba* evolution and breeding grain legumes. 1993, **1**: 15-16.
19. Bond D. A., Poulsen M. H.: Pollination. The faba bean (*Vicia faba* L.). A basis for improvement. Hebblethwaite P.D. (ed.), Butterworths, London. 1983, 77-97.
20. Borowiecki J., Książak J., Lenartowicz W.: Wpływ gęstości siewu na plon nasion wybranych odmian bobiku uprawianego na południu kraju. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **446**: 181-185.

21. Borowiecki J., Lenartowicz W., Bochniarz J.: Plonowanie niektórych odmian bobiku w warunkach zróżnicowanej obsady roślin. Pam. Puł., 1992, **101**: 157-167.
22. Bourdon D., Perez J. M.: Energy and protein values of faba (*Vicia faba minor* L.) for pigs: synthesis of French results. Proc. 1st European Conference on Grain Legumes, Angers, Francja, 1992, 521-522.
23. Butler D.: Quality problems in protein plants with special attention paid to the proteins of legumes. W: Protein quality from leguminous crops. EWG, Dijon, 1977, 11-47.
24. Chmielewski S. in.: Zarys historii gospodarstwa wiejskiego w Polsce. I, PWRiL Warszawa, 1964.
25. Clarke H. E.: The evolution of the field bean (*Vicia faba* L.). In animal nutrition. Proc. Nutr. Soc., 1970, **29(1)**: 64-73.
26. Clifford P. G., Pentland B. S., Baylis A. D.: Effects of growth regulators on reproductive abscission in faba bean (*Vicia faba* c.v. Troy). J. Agric. Sci., 1992, **119(1)**: 71-78.
27. Combe E., Ach T., Pion R.: Utilizations digestives et metaboliques comparees de la fève, de la lentille et du pois chiche chez le rat. Reprod. Nutr. Develop., 1991, **31**: 631-646.
28. Crompton J. H., Lloyd-Jones C. P., Hill-Cottingham D. G.: Translocation of labelled assimilates following photosynthesis of $^{14}\text{CO}_2$ by the field bean, *Vicia faba*. Physiol. Plant., 1981, **51**: 189-194.
29. Cubero J. I.: On the evolution of *Vicia faba*. Theor. Appl. Genet., 1974, **45**: 47-51.
30. Czerwinski W.: Fizjologia roślin. PWN Warszawa, 1977.
31. Czuba R.: Nawożenie. PWRiL Warszawa, 1986.
32. Dantuma G., Grashoff C.: Vegetative and reproductive growth of faba beans (*Vicia faba* L.) as influenced by water supply. *Vicia faba*: agronomy, physiology and breeding. Hebblethwaite P. D., Dawkins T.C.K., Heath M.C., Lockwood G. (eds), Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. The Hague/Boston/Lancaster, 1984, 61-69.
33. Dantuma G., Klein-Hulze J. A.: Production and distribution of dry matter, and uptake, distribution and redistribution of nitrogen in *Vicia faba major* and *minor*. Some current research on *Vicia faba* in Western Europe. W: Bond D., A., Scarascia-Mugnozza G. T., Pulsen M. H. (eds), Commission of the European Communities, EUR 6244 EN, 1979.
34. Dantuma G., Thomson R.: Whole-crop physiology and yield components. Faba bean (*Vicia faba* L.). A basis for improvement W: Hebblethwaite P.D. (ed). Butterworth, London, 1983, 143-158.
35. Day W., Legg B. J.: Water relations and irrigation response. Faba bean (*Vicia* L.). A basis for improvement. W: Hebblethwaite P. D. (ed), Butterworth, London, 1983, 217-232.
36. Day J. M., Roughley R. J., Witty J. F.: The effect of planting density, inorganic nitrogen fertilizer and supplementary carbon dioxide on yield of *Vicia faba* L. J. Agric. Sci. Camb., 1979, **93**: 629-633.
37. Dean J. R., Toomson B., Clark K. W.: *Rhizobium* strain selection for fababeans. Can. J. Plant Sci., 1980, **60**: 385-397.
38. Demidowicz G.: Wpływ warunków pogodowych na plonowanie bobiku odmiany Nadwiślański. Pam. Puł., 1990, **97**: 159-170.
39. Demidowicz G.: Klimatyczne podstawy rejonizacji uprawy bobiku w Polsce. Pam. Puł. 1991, **98**: 131-138.
40. Diethelm R., Keller E. R., Bangerth F.: Interactions between the application of growth regulators, yield components and content of phytohormones in the fruits of *Vicia faba* L. Fabis Newsletter, 1986, **14**: 12-17.
41. Domański P., Wiatr K.: Plonowanie bobiku w przyjętych rejonach Polski. Wiad. Odmianoz., 1994, **57**.
42. Dziżyc J.: Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN Warszawa, 1989.
43. EL-Foluy M. M.: Flower and pod drop. Faba bean improvement. W: Hawtin G., Webb C. (eds), Martinus Nijhoff Publ. The Hague. The Netherlands, 1982, 177-184.

44. El Nadi A. H.: Water relations of beans. I. Effects of water stress on growth and flowering. *Expl. Agric.*, 1969, **5**: 195-207.
45. Elkowicz K., Sosulski F. W.: Antinutritive factors in eleven legumes and their air classified protein and starch fractions. *J. Food Sci.*, 1982, **47**: 1301-1304.
46. Evans L. T.: Environmental control of flowering in *Vicia* L. *Ann. Bot., N.S.*, 1959, **23(92)**: 521-546.
47. Filek W.: Wpływ różnych źródeł światła na wzrost i rozwój generatywny bobiku (*Vicia faba minor* Beck.) w warunkach szklarniowych podczas jesienno-zimowej wegetacji. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.*, 1984, **23**: 3-17.
48. Filek W.: Wpływ chłódów wiosennych i wernalizacji na rozwój generatywny i plonowanie bobiku (*Vicia faba minor* Beck.) *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.*, 1984, **23**: 19-31.
49. Filek W.: Udział niektórych ekologiczno-fizjologicznych czynników w kształtowaniu produktywności bobiku (*Vicia faba* L. *minor*). *Zesz. Nauk. AR Kraków (rozpr. habil.)*, 1990, **141**.
50. Filek W., Kościelniak J.: Changes in the rate of biomass production and accumulation in field beans (*Vicia faba minor* Beck.). *Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci.*, 1987, **35(4/6)**: 123-134.
51. Filek W., Kościelniak J., Grzesiak S.: The effect of nitrogen fertilization and population density of the field bean (*Vicia faba* L. *minor*) of indeterminate and determinate growth habit on the symbiosis with root nodule bacteria and on the seed yield. *J. Agron. Crop Sci.*, 1997, **179**: 171-177.
52. Fordoński G., Paprocki S., Rutkowski M.: Wpływ nawożenia fosforowo-potasowego i gęstości siewu na plonowanie i wartość pastewną bobiku. *Zesz. Nauk. AR-T Olsztyn*, 1980, **30**: 173-180.
53. Fordoński G., Rutkowski M.: Wpływ nawożenia NPK, gęstości i głębokości siewu na plon i wartość pastewną bobiku. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura*, 1988, **45**: 135-146.
54. Fordoński G., Rutkowski M., Góral M.: Wpływ obsady roślin na plonowanie bobiku o zdeterminowanym i niezeterminowanym rytmie wzrostu. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst. Agricultura*, 1989, **49**: 151-159.
55. Freye E., Schilling G.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Fruchtbildung bei Ackerbohnen (*Vicia faba* L. *var. minor*) von Assimilatbildung und Transport. *Archiv., für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde*, 1983, **27(3)**: 185-190.
56. Gatel F.: Protein quality of legumes seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Ann. Feed Sci. Technol.*, 1994, **47**: 317-348.
57. Gates P., Smith M., Boulter D.: Reproductive physiology of *Vicia faba* L. W: Faba bean (*Vicia faba* L.). A basis for improvement. Hebbellethwaite, P.D. (ed.), Butterworths, London, 1983, 133-142.
58. Giza A.: Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez ozime formy pszenżyta, pszenicy i żyta w warunkach zróżnicowanego żywienia NPK. II. Pobieranie azotu i aktywność reduktazy azotanowej. *Pam. Puł.*, 1991, **99**: 75-88.
59. Gehrig W., Marti F., Schwendmann F., Keller E. R.: Die Anbautechnik bei der Ackerbohne ist zu verbessern. *Mitt. Schweiz. Landw.*, 1977, **25**: 56-62.
60. Gej B.: Odporność roślin bobiku na suszę. W: Zwiększenie produktywności bobiku w oparciu o prace fizjologiczne i hodowlane. AR-T Olsztyn, 1991, 3-16.
61. Golińska J.: Badania nad owocowaniem bobu (*Vicia faba major*). *Rocz. Nauk Rol., Leś.*, 1926, **14**: 1-27.
62. Gonet Z., Stądajek H.: Rejonizacja plonowania i ocena wartości pokarmowej jednorocznych roślin pastewnych uprawianych w plonie głównym. IUNG Puławy, 1983, **S(33)**.
63. Grashoff C.: Variability in yield faba beans (*Vicia faba* L.). First Congress ESA Paris, 1990, sect. **1(72)**: 186-187.
64. Griffith D. W., Mosely G.: Effect of diet containing field beans of high and low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestine of rats. *J. Sci. Food Agric.*, 1980, **31**: 255-259.

65. Grzesiak S., Filek W., Kościelniak F., Augustyniak G.: Wpływ suszy glebowej w różnych fazach rozwoju bobiku (*Vicia faba L. minor*) na uwodnienie i fotosyntezę liści oraz produkcję suchej masy i plon nasion. Mat. Konf. Nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych”. IUNG Puławy, 1989, **II**: 92-98.
66. Górecki R. J.: Przyczyny zmienności fizjologicznych właściwości nasion. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1983, **258**: 61-74.
67. Haisch A., Pommer G., Forster S.: Untersuchungen über die Abdängigkeit der Fruchtbildung bei Ackerbohnen von Assimilatbildung und Transport. Arch. Acker- u. Pflanzenbau und Bidentkunde, 1988, **27**: 185-190.
68. Hamdi Y. A.: Symbiotic nitrogen fixation in faba beans. Faba bean improvement. W: Hawtin G., Webb C. (eds), Martinus Nijhoff Publ., the Hague, 1982, 127-138.
69. Hanelt P.: Die infraspezifische Variabilität von *Vicia faba* und ihre Gliederung. Kulturpfl., 1972, **20**: 75-128.
70. Harasim A.: Efektywność nawożenia azotem bobiku i grochu w uprawie na nasiona. Mat. Konf. Nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych”. IUNG Puławy, 1989, **II**: 219-226.
71. Hardanson G., Danso S. K. A., Zapata F., Reichardt K.: Measurements of nitrogen fixation in faba bean at different N fertilizer rates using the ¹⁵N isotope dilution and A-value methods. Plant and Soil, 1991, **131**: 161-168.
72. Hawtin G. C., Hebblethwaite P. D.: Background and history of faba bean production. The faba bean (*Vicia faba* L.). A basis for improvement. W: Hebblethwaite P. D. (ed), Butterworth, Londyn, 1983, 3-22.
73. Hebblethwaite P. D.: The effects of water stress on the growth, development and yield of *Vicia faba* L. In: Faba bean improvement, red. Hawtin B., Webb C., Martinus, Nijhoff Publishers, The Hague, 1982, 165-175.
74. Herz P., Struzel H., Aufhamer W.: Adaptation of faba beans (*Vicia faba* L.) to water stress. Proc. 2nd ESA Congres, Warnick Univ., 1992, 86-87.
75. Hruszka M.: Wpływ warunków atmosferycznych na wzrost i rozwój bobiku w mikroregionie reszelsko-mragowskim w latach 1977–1985. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult., 1991, **52**: 137-146.
76. Hügi K., Keller E. R.: Kann die Ertragsleistung der Ackerbohne verbessert werden? Landw. Schweiz., 1990, **3**: 273-278.
77. Jabłoński B., Szklanowska K.: Wpływ niektórych czynników pogody na kwitnienie, nektarowanie, pylenie i oblot przez owady zapylające entomofilnych roślin uprawnych. I Ogólnopolska Konf. Nauk. „Biologia kwitnienia, nektarowania i zapylania roślin”. Lub. Tow. Nauk., Lublin, 1997, 53-58.
78. Jankowiak J., Priebe M.: Możliwości zwiększenia produkcji nasion bobiku przez stosowanie nawodnień deszczownianych. Nowe Rol., 1977, **10**: 9-11.
79. Jaquière R., Keller E. R.: Beeinflussung des Fruchtansatzes bei der Ackerbohne (*Vicia faba* L.) durch die Verteilung der Assimilate. Teil. I, Angew. Botanik, 1978, **52**: 261-276.
80. Jasińska Z.: Wpływ zagęszczenia roślin w łanie na plony i wydajność białka bobiku. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1983, **238**: 465-471.
81. Jasińska Z., Fordoński G., Bobrecka-Jamro D.: Technologia uprawy bobiku samokończącego odmiany Tibo. IHAR Radzików, 1990, 1-20.
82. Jasińska Z., Kotecki A.: Cechy morfologiczne a plonowanie bobiku. Mat. Konf. Nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych”. IUNG Puławy, 1989, **II**: 14-20.
83. Jasińska Z., Kotecki A.: Rośliny strączkowe. W: Szczegółowa uprawa roślin. Wrocław, 1999, 7-138.
84. Jasińska Z., Kotecki A.: Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój, plonowanie oraz wartość pokarmową bobiku. I. Rozwój i cechy morfologiczne. Roczn. Nauk Rol., 1995, **A111(1-2)**: 143-153.

85. Jasińska Z., Kotecki A.: Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na rozwój, plonowanie oraz wartość pokarmową bobiku. II. Plony i wartość pokarmowa. Roczn. Nauk Rol., 1995, **A 111(1-2)**: 155-163.
86. Jasińska Z., Kotecki A.: Charakterystyka rodów i odmian bobiku o szczytowym kwiatostanie. I. Rozwój, cechy morfologiczne i plony nasion. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1998, **347**: 173-205.
87. Jasińska Z., Kotecki A.: Charakterystyka rodów i odmian bobiku o szczytowym kwiatostanie. II. Skład chemiczny i wartość pokarmowa nasion. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1998, **347**: 207-221.
88. Jeufroy M. H., Duthion C., Meynard I. M., Pigeaire A.: Effect of a short period of high day temperatures during flowering on the seed number per pod of pea (*Pisum sativum* L.). Agronomie, 1990, **10(2)**: 139-145.
89. Jones L. H.: The effect of soil moisture gradients on the growth and development of broad beans (*Vicia faba* L.). Horticult. Res., 1963, **3**: 13-26.
90. Karczmarczyk S., Laskowski S., Biniaś B.: Efektywność deszczowania i nawożenia mineralnego łubinu i bobiku uprawianych na 2 typach gleb. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol., 1978, **72**: 97-117.
91. Kage H.: Interaction of nitrate uptake and nitrogen fixation in faba beans. Plant and Soil, 1995, **176(2)**: 189-196.
92. Kamball A. E.: Flower drop and fruit set in field beans (*Vicia faba* L.). J. Agric. Sci. Camb., 1969, **72**: 131-138.
93. Kamball A. E., Bond D. A., Toynbee-Clarke G.: A study on the pollination mechanism in field beans (*Vicia faba* L.). J. Agric. Sci., Camb., 1976, **87**: 519-526.
94. Karmanos A. J.: Water stress and leaf growth of field beans (*Vicia faba* L.) in the field: Leaf number and total leaf area. Ann. Bot., 1978, **42**: 1393-1402.
95. Karmanos A. J.: Effects of water stress on some growth parameters and yield of *Vicia faba* L. W: Faba bean improvement. Hatwin G. and Weed C. (eds.) Martinus Nijhoff, ICARDA, Aleppo, Syria, 1984, 165-175.
96. Kellerhals M., Keller E. R.: Effect of plant growth regulator combinations on fruit abscission in *Vicia faba* L. Fabis Newsletter, 1984, **10**: 8-10.
97. Keller E. R.: Die Ackerbohne (*Vicia faba* L.) – eine Vergessene Kulturpflanze mit Zukunftsaussichten. Schweiz. Landw. Forsch., 1974, **13**: 287-300.
98. Klein W.: Die Bedeutung einer frühen Saatzeit und optimalen Tiefenablage der Samenkörner für eine hohe und stabile Ackerbohnenproduktion. Feldwirtschaft, 1975, **1**: 16-18.
99. Kocoń A.: Wpływ sposobu żywienia azotem na symbiotyczne wiązanie N i wykorzystanie potencjału plonotwórczego bobiku (*Vicia faba* L. ssp. *minor* Harz.). Maszyn. pracy dokt. IUNG Puławy, 1997.
100. Kocoń A.: Wskaźniki symbiotycznego wiązania N₂ w zależności od zróżnicowanego sposobu żywienia bobiku azotem. Fragm. Agron., 1999, **2**: 50-61.
101. Kocoń A.: Niedobór potasu w glebie a dystrybucja tego składnika w roślinach grochu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002 (w druku).
102. Kocoń A., Głazewski S., Wojcieszka-Wyskupajtyś U.: Sposób żywienia bobiku azotem a dynamika akumulacji N₂ w roślinach. Pam. Puł., 1997, **111**: 51-71.
103. Kocoń A., Wojcieszka U., Głazewski S.: Dynamika przyrostu masy bobiku przy zróżnicowanym zaopatrzeniu w azot mineralny. Pam. Puł., 1997, **109**: 59-71.
104. Kollman G. E., Streeter J. G., Jeffers D. L., Curry R. B.: Accumulation and distribution of mineral nutrients, carbohydrate and dry matter in soybean plants as influenced by reproductive sink size. Agr. J., 1974, **66**: 549-554.
105. Kółtofski Z.: Biologia kwitnienia, nektarowanie, zapylanie i plonowanie ważniejszych odmian bobiku (*Vicia faba* L. ssp. *minor* Harz.). Praca dokt., ISiK Oddz. Pszczel., Puławy, 1996.

106. Kościelniak J., Filek W., Skoczowski A.: Photosynthetic activity of leaves, pods and stem internodes of field bean (*Vicia faba* L. var. *minor*) in various phases of pods development. Bull. Pol. Acad. Sci., Biol. Sci., 1988, **36(10)**: 9-17.
107. Kotecki A.: Wpływ ilości wysiewu na rozwój i plonowanie bobiku o szczytowym kwiatostanie Sk 1671. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1990, **59**: 59-70.
108. Kotecki A.: Charakterystyka rolnicza rodów bobiku o szczytowym kwiatostanie. Fragm. Agron., 1992, **2**: 12-21.
109. Kotecki A.: Charakterystyka niektórych cech morfologicznych i użytkowych rodów bobiku o szczytowym kwiatostanie. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1994, **230**: 47-57.
110. Kotecki A.: Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na wartość resztek poźniwych bobiku odmiany Tibo o szczytowym kwiatostanie. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1994, **253**: 71-80.
111. Kotecki A.: Wpływ terminu siewu na rozwój, wielkość powierzchni asymilacyjnej liści i plonowanie dwóch form bobiku. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1994, **254**: 131-143.
112. Kotecki A., Jasińska Z.: Wpływ zbioru i sposobu omlotu na dynamikę zmian w dojrzewających roślinach dwu morfotypów bobiku. I. Rozwój roślin i gromadzenie suchej masy. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1997, **308**: 125-142.
113. Kotecki A., Jasińska Z.: Wpływ zbioru i sposobu omlotu na dynamikę zmian w dojrzewających roślinach dwu morfotypów bobiku. II. Skład chemiczny roślin. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1997, **308**: 143-159.
114. Kotoski F.: Badania doświadczalne nad kwitnieniem i owocowaniem grochu. Pam. PINGW, Puławy, 1922, **A(3)**: 111-158.
115. Kritan F., Černý V.: Vliv některých agronomických opatření na vynos a strukturu výnosu koňského bobu na hněde pudé. Rostl. Vyroba, 1972, **18**: 187-196.
116. Krzymuski J., Krasowicz S.: Wartość gospodarcza i podstawy rejonizacji roślin strączkowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, **224**: 265-274.
117. Książak J.: Dynamika gromadzenia suchej masy bobiku w okresie od kwitnienia do dojrzałości. Bibl. Fragm. Agron., 2000, **8**: 143-156.
118. Książak J.: Stan i perspektywy produkcji nasion roślin strączkowych w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 2002 (w druku).
119. Kulig B., Ziółek W.: Plonowanie zróżnicowanych morfologicznie odmian grochu siewnego i bobiku w zależności od nawożenia azotem. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1997, **446**: 207-212.
120. Listowski A., Jackowska I., Wirowski Z.: Wpływ wilgotności gleby oraz wahań temperatury na rozwój roślin bobiku i wiązanie strąków. Pam. Puł., 1966, **23**: 3-21.
121. Łabuda H.: Wpływ warunków pogodowych na kwitnienie, zawiązywanie strąków i plonowanie bobu (*Vicia faba* var. *major* Harz.). I Ogólnop. Konf. Nauk. „Biologia kwitnienia, nektarowania i zapylania roślin”. Lub. Tow. Nauk., Lublin, 1997, 118-124.
122. Martin B.: Zum Anbau der Ackerbohne. Dt. Landw. 1963, **14(3)**: 144-147.
123. McVetty P. B. E., Evans L. E., Nugent-Rigby J.: Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to seeding date and seeding rate. Can. J. Plant Sci., 1986, **66**: 39-44.
124. Michalska B.: Potencjalne zmniejszenie plonu bobiku w Polsce przez posuchy atmosferyczne. Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol., 1991, **147**: 51-58.
125. Michalska B.: Wpływ ekstremalnego uwilgotnienia gleby na plonowanie bobiku. Mat. Konf. „Klimat pola uprawnego”. IUNG Puławy, 1992, 20-21.
126. Michalska B.: Plonowanie bobiku w zależności od warunków meteorologicznych w stacji doświadczalnej w Przelewicach. Pam. Puł., 1998, **92**: 147-161.
127. Mikulski W.: Wpływ czynników klimatycznych na przebieg wegetacji bobiku (*Vicia faba* L.). Hod. Roślin, 1982, **2/3**: 16-20.
128. Muratova V.: Common beans (*Vicia faba* L.). Bull. Appl. Bot. Genet. Plant Breed., Leningrad, 1931, suppl. 50.
129. Nalborczyk E.: Biologiczne uwarunkowania produktywności roślin strączkowych. Fragm. Agron., 1993, **4**: 147-150.

130. Ney B., Turc O., Duthion C.: A model of describing reproductive development of pea crop. Proc. 1st ESA Congres, Paris, 1991, **2**: 18.
131. Newaz N., Newaz M.A.: Functional properties of faba bean seed flour. Fabis. August Newsletter, 1986, **15**: 55-58.
132. Newton S. D., Hill G. D.: The composition and nutritive value of field beans. Nutr. Abstr. Rev., 1983, **53(2)**: 99-115.
133. Nowacka-Zaborska J., Oleszek W.: Zawartość oligosacharydów i tłuszczu w nasionach krajowych odmian bobiku (*Vicia faba*). Pam. Puł., 1995, **106**: 139-147.
134. Nowotny-Mieczyska A.: Badania z zakresu symbiotycznego wiązania wolnego azotu przez rośliny motylkowe. W: Problemy symbiozy roślin motylkowych z *Rhizobium*, IUNG Puławy, 1971, 1-24.
135. Pałka M.: Plonowanie bobiku o zdeterminowanym i niezeterminowanym wzroście w zależności od terminu i gęstości siewu. Maszyn. pracy dokt. AR Kraków, filia Rzeszów, 1996.
136. Pałka M., Bobrecka-Jamro D., Kubit P.: Udział wybranych cech morfologicznych roślin w kształtowaniu plonu nasion bobiku. Zesz. Nauk. AR Kraków, Rol., 1998, **340(35)**: 75-80.
137. Panek K.: Zmienność plonu i cech plonotwórczych bobiku w zależności od warunków wodnych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rol., 1983, **142**: 127-132.
138. Paprocki S.: Bobik. PWRiL Warszawa, 1972.
139. Paprocki S.: Potencjalne możliwości i rejonizacja uprawy bobiku w Polsce oraz główne zagadnienia agrotechniczne. Biul. IHAR, 1979, **137**: 29-32.
140. Pastuszewska B.: Czynniki wpływające na wartość pokarmową bobiku, grochu i lubinu dla zwierząt nieprzeżuwających. Rozpr. habil., PAN, Ossolineum, Wrocław, 1985.
141. Peat W. E.: Development physiology. A basis for improvement. Butterworth. W: Hebblethwaite P. D. (ed), Faba bean (*Vicia faba* L.). London, 1983, 103-132.
142. Penman H. L.: Irrigation at Woburn. VII. Rothamsted Experimental Station Report, 1970, part **2**: 147-170.
143. Picard J., Sigwalt C.: Liaison entre peuplement et rendement en grain chez la féverole. Ann. INRA, 1960, **10(2)**: 169-175.
144. Piels-Balzer E., Kong T., Schubert S., Mengel K.: Effect of water on plant growth, nitrogenase activity and nitrogen economy of four different cultivars of *Vicia faba* L. Eur. J. Agron., 1995, **4(2)**: 167-173.
145. Pisulewska E., Hanczakowski P., Szymczyk B., Ernest T., Kulig B.: Porównanie składu chemicznego, zawartości substancji antyżywniowych i wartości pokarmowej nasion dziewięciu odmian bobiku (*Vicia faba* L.) uprawianego w dwóch sezonach wegetacyjnych. Rocz. Nauk. Zoot., 1996, **23(2)**: 253-266.
146. Podlaski S.: Przyczyny, mechanizmy, i skutki selektywnego zamierania części generatywnych roślin i różnicowanego wykształcania nasion. Mat. Konf. „Znaczenie jakości materiału siewnego w produkcji”. SGGW Warszawa, 1993, 41-48.
147. Podleśna A.: Gospodarka potasowa roślin bobiku. Nawozy i nawożenie. 2000, **4**: 43-50.
148. Poulsen M. H.: Pollination, seed setting cross-fertilization and in breeding in *Vicia faba* L. Pflanzenzüchtung, 1975, **74**: 97-118.
149. Pyzik J., Bobrecka-Jamro D., Glista J.: Wpływ gęstości siewu na plon i skład chemiczny nasion bobiku rodzaju E III Sk o szczytowym kwiatostanie. Biul. IHAR, 1988, **167**: 143-151.
150. Rubio A., Brenes A., Castano M.: The utilization of raw and autoclaved faba beans (*Vicia faba* L. *minor*) and faba bean fractions in diets for growing broiler chickens. Brit. J. Nutr., 1990, **63**: 419-433.
151. Ruszkowska M., Zinkiewicz E., Seliga H.: Biochemiczne wiązanie N₂ i rola składników mineralnych w wiązaniu N₂. Mat. Konf. Nauk. „Wykorzystanie składników mineralnych i wody w produkcji biomasy”. Karpacz, 1989, 11-12.

152. Rutkowski M., Fordoński G.: Zawartość składników pokarmowych w bobiku w zależności od terminu siewu i zbioru. Biul. IHAR, 1987, **163**: 157-164.
153. Rutkowski M., Fordoński G.: Wpływ terminu siewu i zbioru na plonowanie bobiku. Biul. IHAR, 1987, **163**: 165-174
154. Ryloft P. D., Shmith M. L.: Effects of applied growth substrates on pod set in broad beans (*Vicia faba* var. *major* L.). J. Agric. Sci., Camb., 1990, **111**: 41-47.
155. Rząsa B., Bobrecka-Jamro D.: Zróżnicowanie cech strukturotwórczych nowych rodów bobiku o szczytowym kwiatostanie. Fragm. Agron., 1993, **4**: 153-154.
156. Sadler J.M.: Soil, fertilizer and symbiotically – fixed nitrogen as sources for faba beans under prairie conditions. 19th Ann. Manitoba Soil Sci. Meeting, University of Manitoba, Winnipeg, 1975, 121-128.
157. Sammler P., Egel G., Schmidt A., Bergmann H.: Der Einfluss von Wasserstress auf die generative Entwicklung und die Abscission reproductiver Organe von *Vicia faba* L. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin, 1982, **26**: 227-232.
158. Sawicka A.: Ekologiczne aspekty wiązania azotu atmosferycznego. Roczn. AR Poznań, Rozpr. Nauk., 1983, 134.
159. Schmidt A., Sammler P., Bergmann H.: Einfluss ausgewählter Wirkstoffe auf Evapotranspiration, wasseranwendung und Ertragsbildung von *Vicia faba* L. Unter Wasserstressbedingungen. Arch. Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde, Berlin, 1985, **9**: 539-546.
160. Schröder P.: Einfluss von Klimra Und Saugspannung des Bodens auf den Wasserverbrauch, wachstum und Ertrag von Ackerbohnen. I. Versuche unter Freilandbedingungen. Z. Acker- und Pflanzenbau, 1985, **154**: 171-181.
161. Schröder P.: Zum Einfluss des Aussattermins auf die Ertragsbildung von Ackerbohnenorten im Hinblick auf phänotypische Variation. Z. Acker- und Pflanzenbau, 1985, **155**: 95-103.
162. Schuster W., Reutzel W.: Versuche zur optimalen Bestandesdichte bei Hafer und Ackerbohnen Mitt. Deutsch. Landw. Ges., 1975, **2(90)**: 82-84.
163. Šimón J.: Tvorba biomasy, struktura a vyse vynosu bobu obočeho (*Vicia faba* L.) na lehnych pudach v zavlaze. Rostl. Výroba, 1977, **11**: 1169-1170.
164. Simpson A. D. F.: Field beans (*Vicia faba*): their processing and value in foods and feeds. W: *Vicia faba*. Feeding value. Processing and Viruses. Bond D.A.(ed), Bruksela-Luxemburg, 1980, 257-272.
165. Singh S. B., Singh C. B.: Variation in protein and oil content in an indian collection of faba bean (*Vicia faba* L.). Fabis, Newsletter, 1984, **9**: 45-47.
166. Sjödén J.: Induced morphological variation in *Vicia faba* L. Hereditas, 1971, **67**: 155-180.
167. Skjelvåg A. O.: Effect of climatic factors on the growth and development of the bean (*Vicia faba* L. *minor*) Acta Agr. Scand., 1981, **31**: 372-381.
168. Skomiał J.: Wpływ ekstruzji nasion bobiku, grochu i lubinu żółtego na ich wartość odżywczą i wyniki tuczu świń. Rozpr. habil., SGGW Warszawa, 1993.
169. Songin H.: Wpływ ilości wysiewu i sposobów pielęgnowania na plon nasion bobiku (*Vicia faba* L. *ssp. minor*). Biul. IHAR, 1975, **5-6**: 231-232.
170. Sprent J. I.: The effects of water stress on nitrogen fixing root nodules. IV. Effects on whole plants of *Vicia faba* and *Glycine max*. New Phytologist., 1972, **71**: 603-611.
171. Sprent J. I., Bradford A. M.: Nitrogen fixation in field beans (*Vicia faba*) as affected by population density, shading and its relationship with soil moisture. J. Agric. Sci. Camb., 1977, **88**: 303-310.
172. Starc Z.: Gospodarka mineralna roślin. W: Podstawy fizjologii roślin. PWN Warszawa, 1998, 188-228.
173. Steukard R., Dietrich M., Kaufhold W.: Ti-Ackerbohnen – ein neuer Wuchstyp mit verbessrtn technologischen Eigenschaften. Saat- und Pflanzgut, 1986, **27(5/6)**: 66-68.
174. Steukard R., Klein W., Kastner H. F.: Hohe und sichere Kornträge mit ti-Ackerbohnen im Vermerungsanbau. Seat – und Pflanzgut, 1986, **27(8)**: 106-108.

175. Stocck H.G.: Preliminary results obtained from studies into temporally differentiated water supply to field bean and its effects in terms of yield formation. Tag. Ber., Akad. Landw. Wiss. DDR, Berlin, 1977, **158**: 29-241.
176. Strzelec A.: Wpływ mocznika na zdolność szczepów *Rhizobium* do asymilowania wolnego azotu. I. Oddziaływanie na wzrost, cechy morfologiczne i cytologiczne szczepów *Rhizobium meliloti*. Pam. Puł., 1972, **57**: 87-102.
177. Strzelec A.: Wpływ mocznika na zdolność szczepów *Rhizobium* do asymilowania wolnego azotu. II. Oddziaływanie na symbiozę *Rhizobium meliloti* z lucerną. Pam. Puł., 1972, **57**: 103-144.
178. Strzelec A.: Stosowanie szczepionek w uprawie roślin motylkowatych. IUNG Puławy, 1995.
179. Stützel H., Aufhammer W., Löber A.: Effects of sowing technique on yield formation of *Vicia faba* as affected by population density, sowing date and plant type. J. Agric. Sci., Cambridge, 1994, **122**: 255-264.
180. Syntezy wyników doświadczeń rejestrowych. Rośliny strączkowe. COBORU Słupia Wielka, 2001, **12**.
181. Sypliwski J.: Problemy uprawy roślin strączkowych w Polsce. Fragm. Agron., 1986, **4**: 29-36.
182. Ślusarczyk M., Biały Z., Płoszyński M.: Wpływ podłoża glebowego i nawożenia azotem na plony i zawartość frakcji cukrowców w częściach nadziemnych bobiku. Materiały Konf. Nauk. „Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania produkcji nasion roślin strączkowych”. Puławy, 1989, **II**: 138-144.
183. Świącicki W.: Aktualny stan uprawy bobiku w Europie i Polsce. Biul. IHAR, 1979, **137**: 43-46.
184. Tamaki K., Nakajima J.: Physiological studies of the growing process of broad bean plants. III. Effects of soil moisture on the growth and the variations of chemical components in the various organs. Tech. Bull. Fac. Agr. Kagawa Univ., 1971, **22**: 73-82.
185. Toynebe-Clarke G.: Whole crop winter beans (*Vicia faba* L.) for conservation. J. Brit. Grassl. Soc., 1970, **25**: 228-232.
186. Umarov M. M.: Carbon and nitrogen assimilation and partitioning in soybeans sipped to low root temperatures. Plant Physiol., 1988, **80**: 249-255.
187. Varis A.L., Brax R.: Effect of bee pollination on yield and yield components of field bean (*Vicia faba* L.). J. Agric. Sci. Fin., 1990, **62**: 45-49.
188. Welch R. W., Griffiths D. W.: Variation in the oil content and fatty acid composition of field beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum spp.*). J. Sci. Food Agric., 1984, **35**: 1282-1289.
189. Wojcieszka U., Giza A., Wolska E.: Wzrost, rozwój, akumulacja suchej masy i pobieranie składników pokarmowych przez pszenżyto jare MAH – 183 i pszenicę jarą Kadett. II. Zmiany zawartości Fe, Mn, Zn, i Cu w czasie rozwoju roślin. Pam. Puł., 1989, **94**: 77-97.
190. Wojcieszka U., Wolska E., Giza A.: Wzrost, rozwój, akumulacja suchej masy i pobieranie składników pokarmowych przez pszenżyto jare MAH – 183 i pszenicę jarą Kadett. III. Zmiany zawartości N, P, K, Ca i Mg w czasie rozwoju roślin. Pam. Puł., 1989, **94**: 99-118.
191. Wojcieszka U., Kocón A.: Reaction of faba bean plants to soil foliar N application and K nutrition. Acta Physiol. Plant., 1997, **19(1)**: 23-28.
192. Wojcieszka U., Wolska E., Giza A., Podleśna A.: Dynamika wzrostu i pobierania składników pokarmowych przez groch siewny odmian Ramir i Koral. II. Akumulacja azotu. Pam. Puł., 1994, **42**: 17-30.
193. Wojcieszka U., Wolska E., Podleśna A., Kocón A.: Reakcja dwu odmian grochu na dokarmianie azotem mineralnym z uwzględnieniem symbiotycznego wiązania N₂. Fragm. Agron., 1993, **4**: 175-176.

194. Z ad e r n o w s k i R., B o r o w s k a J., K o z ł o w s k a H.: Physico-chemical characteristic of faba bean (*Vicia faba*) fats. Polish J. Food Nutr. Sci., 1994, **2**: 31-38.
195. Z i e l i ń s k a A., R u t k o w s k i M., M a j c h r z a k B.: Wpływ rozstawy rzędów i gęstości siewu na plonowanie bobiku odmiany Nadwiślański i Dino. Acta. Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura, 1993, **56**: 195-204.
196. Z i ó ł e k E.: Reakcja odmian bobiku na nawożenie fosforowo-potasowe przy zróżnicowanym zagęszczeniu roślin. Acta Agr. Silv., ser. Agr., 1981, **20**: 251-266.

THE DYNAMICS OF NUTRIENT UPTAKE BY TRADITIONAL AND SELF-FINISHING VARIETIES OF HORSE BEAN BETWEEN FLOWERING AND FULL MATURITY

Summary

The study was conducted in the years 1993–1995 in the Agricultural Experimental Station in Sadlowice near Pulawy. Varieties of horse bean with different morphological features (Nadwiślański, Bronto, Tibo, Martin and Caspar) constituted the first rank factor in the experiment, whereas sowing rate in two variants: 50 and 70 seeds per 1 m² was the second rank factor.

Dry matter, crude ash and fibre, N, P, K, Ca, Mg and Na content were determined in leaves, stems, pods and the whole plants (one time per week) and additionally in seeds (after harvest) in the period between flowering and full maturity. Moreover the content of crude fat was determined in all organs and in the whole plants in three growing stages: flowering, pod setting and darkening of first pods.

Quick dry matter accumulation in stems and pods of horse bean was observed after flowering. In dry years leaves and pods of self-finishing varieties (Tinos i Martin) accumulated more dry matter than the same organs of traditional varieties (Nadwiślański i Bronto) and white-flowering variety (Caspar) of horse bean.

In the period between flowering and full maturity of horse bean there was a decrease of content of:

- **nitrogen** – the quickest in leaves, slower in stems and in the whole plants, and the slowest in pods. Nitrogen content was the largest in leaves and pods and the smallest in stems. Leaves of Martin variety and stems and pods of Caspar variety contained less nitrogen than the same organs of other varieties;
- **phosphorus, potassium and magnesium** – in particular organs and in the whole plants. Leaves and pods contained the largest amount of phosphorus, whereas stems the smallest. Pods were characterised by the largest content of potassium and magnesium. Caspar and Martin varieties contained more phosphorus and potassium than Nadwiślański and Bronto varieties;
- **calcium** – in the whole plants and pods, contrary to stems, but particularly to leaves where even an increase of calcium content was observed. Leaves contained the largest amount of calcium, whereas pods the smallest;
- **crude fat** – the smallest amount in stems, and the largest in leaves, but the differences between varieties were not significant.

The more advanced growing stage from flowering to full maturity the larger content of:

- **extracted free nitrogen compounds** – mainly in leaves, pods and in the whole plants. Pods were characterised by the largest amount of these compounds, whereas stems

by the smallest. Leaves of Nadwiślański and Bronto varieties contained more carbohydrates than leaves of Tinos, Martin and Caspar varieties;

- **crude fibre** – the largest amounts in stems, whereas in leaves and pods the smallest. Stems of Nadwiślański and Bronto varieties contained significantly big amounts of fibre, whereas Caspar variety contained the smallest amounts of this compound.

Varieties characterised by traditional type of development (Nadwiślański and Bronto) yielded better than self-finishing varieties (Tinos and Martin) and white-flowering Caspar variety. Generation of shorter fruiting parts of a stem, smaller number of knots with pods and pods on a plant mainly determined smaller yields of self-finishing varieties. Independently on the type of development of a variety in conditions of denser sowing rate (65 plants/m²) horse bean yielded better than sowed in a sparser rate (45 plants/m²). The seeds of Nadwiślański, Bronto, Martin and Tinos varieties were characterised by similar protein content. White-flowering Caspar variety contained less protein, however more crude fibre, fat and ash. Self-finishing varieties (Tinos i Martin) needed smaller amount of temperatures: about 1000°C to get mature than varieties with traditional type of development (Nadwiślański and Bronto) – 1120°C. In unfavourable moisture conditions, independently on the type of development of a variety, plants generated less knots with pods and seeds in a pod and additionally the thousand kernels weight was smaller. Caspar variety was the most sensitive on draught.