**Analiza rozgałęziania się roślin lnu oleistego
(*Linum usitatissimum* L.) z uwzględnieniem wkładu tego procesu
w zmienność i współzależność cech¹**

TADEUSZ ZAJĄC

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, Akademia Rolnicza,

al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

Academy of Agriculture in Cracow, Department of Plant Cultivation, al. Mickiewicza 21,
31-120 Cracow, Poland

Analysis of linseed (*Linum usitatissimum* L.) plant branching as related to variability
and interdependence of traits

(Otrzymano: 7.03.2003)

Summary

Branching process of two linseed cultivars ('Hungarian Gold' and 'Opal') was analysed each year of vegetation between 1999 and 2002 characterised by different weather course. The estimation included also the extent and variability of selected morphological traits and structural traits, as well as correlation between them. On the basis of biometric measurements the hierarchy of plant shoots has been established within a plant, and four plant groups were distinguished: 1-, 2-, 3- and 4-shoot plants. It was demonstrated that the intensity of linseed branching depended mainly on young plant planting density and, to a certain extent also the weather conditions in April and May. In the years when the weather course favoured vegetation, between 23 and 40% plants per stand were branched. Beside increasing its productivity linseed branching may also inhibit a development of secondary weed infestation of the canopy. Similar plant groups with analogous shoot hierarchy formed in both linseed cultivars. Bio-social position of shoot on a plant determined the extent of its traits. A dominance of the main shoot over lateral shoots was marked, especially concerning the number of seed vessels. Particularly big prevalence of the main shoot over lateral ones was visible in 3- and 4-shoot plants. Lateral shoots had greater variability of morphological traits, especially concerning the number of seed vessels per shoot.

Linear, exponential and power interdependencies between traits of linseed cultivars were also revealed.

Key words: linseed; cultivars; branching; shoots; variability; interdependence; traits

¹ Opracowano w ramach grantu KBN 6 P06Z 013 21

WSTĘP

Gospodarcze znaczenie lnu uprawnego, reprezentowanego przez dwie formy - włóknistą i oleistą, było i jest wielorakie. Dotychczas w krajach klimatu umiarkowanego w uprawie dominowała forma włóknista, która dostarczała słomy zasobnej we włókno i ten kierunek użytkowania lnu był wiodący. Obok włókna, z uprawy lnu włóknistego w formie plonu ubocznego pozyskiwano nasiona, wykorzystywane jako środek leczniczy i spożywczy z uwagi na wysoką zawartość śluzu oraz niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (NNKT). Ponadto z nasion wyłaczano olej lniany, który wykorzystywany był na cele techniczne, głównie do produkcji farb i lakierów z uwagi na jego szybkie wysychanie, spowodowane wysokim udziałem kwasu α -linolenowego ($C_{18:3}$). Formę oleistą lnu uprawiano w rejonach subtropikalnych oraz cieplej strefie klimatu umiarkowanego i zawsze ta forma dominowała w świecie pod względem powierzchni nad lnem włóknistym. W niektórych krajach północnej Europy współcześnie rozwijana jest uprawa lnu przejściowego, z uwagi na możliwość jego dwukierunkowego wykorzystania - na włókno lub nasiona. Wykazano, że ta forma lnu uprawnego jest ekonomicznie bardziej efektywna w porównaniu do korzyści płynących z uprawy lnu włóknistego (Sankari, 2000). Pawelec (1998) podkreśla, że współcześnie w Polsce zanika uprawa lnu włóknistego z uwagi na ograniczenie liczby zakładów przetwórczych. Zapotrzebowanie na nasiona i olej lniany pokrywane jest w oparciu o import tych produktów, głównie z Kanady (wiodącego eksportera tych produktów w skali świata), a podobnie również czynią kraje Europy Zachodniej, które rocznie importują produkty lniane równoważące 745 tys. ton nasion (Gilbertson, 1990). Powstała sytuacja stała się inspiracją do rozwijania uprawy formy oleistej lnu, ponieważ aktualnie zapotrzebowanie na nasiona jest pierwszoplanowe. Uprawę lnu oleistego zainicjowano w zachodniej części kontynentu (Casa i in., 1999), a następnie w jego części środkowej (Candrakova i Bakula, 2001; Sankari 2000; Mikelonis i Endriukaitis, 2000). Pierwszoplanowym zagadnieniem problematyki badawczej związanej z rozwijaniem uprawy lnu oleistego jest poszukiwanie produktywnych odmian (Candrakova i Bakula, 2001; Froment i in., 2000) oraz wdrożenie technologii uprawy adekwatnych do współcześnie prowadzonej produkcji roślinnej. W prowadzonych badaniach oceniających przydatność odmian i wybranych zabiegów agrotechnicznych w nowych miejscach uprawy lnu, podejmowane są oceny niektórych cech morfologicznych i komponentów struktury plonu, które wyjaśniałyby biologiczne uwarunkowania plonowania tego gatunku. Zakres tych porównań jest stosunkowo ograniczony (Zajac i in., 2001; Zubal, 2001; Casa i in., 1999).

Ze znanych kilkudziesięciu odmian, w uprawie lnu oleistego dominują odmiany pochodzenia kanadyjskiego (Flax Council of Canada, 1998) lub węgierskiego (Anonim, 1999). Zasadniczo odmiany lnu oleistego różnią się barwą nasion - brązowa lub żółta oraz poziomem plonowania i składem kwasów tłuszczowych w oleju. Wykazano, że w dobrych dla lnu oleistego warunkach siedliska, plony nasion czołowych pod względem produktywności odmian, węgierskiej Barbara i kanadyjskiej Flanders, przekraczają 4 tony z 1 ha (Anonim, 1999; Candrakova i Bakula, 2001). Stwierdzono także, że odmiany żółtonasienne w porównaniu do

brązowonasiennych mają większe wymagania agro-klimatyczne (Comstock i in., 1963; Saeidi i Rowland, 1999). W warunkach klimatu umiarkowanego plonują one niżej, aczkolwiek mają większe znaczenie spożywcze. Duży udział NNKT w oleju lnianym czyni z niego bogate źródło kwasów omega n-3 i omega n-6, mających duże znaczenie dla zdrowia ludzi (Tokarz, 1994; Ziemiański i Budzyńska-Topolowska, 1994). Należy podkreślić, że olej lniany jest najbardziej zasobny w kwas alfa-linolenowy spośród roślin oleistych w skali świata i zarazem może stanowić stabilne oraz tanie jego źródło.

W badaniach rolniczych dominuje ilościowe podejście do oceny produktywności lnu oleistego, co sprawia, że próby zrozumienia jego uwarunkowań na poziomie rośliny i łanu, dalekie są od pełnego wyjaśnienia. Wykazano, że w lepszych warunkach siedliskowych Anglii plony nasion odmian lnu oleistego są wyższe w porównaniu do gorszych warunków siedliskowych. W warunkach angielskich len posiada także więcej o 2-3% oleju w nasionach (Froment i in., 2000). Badania agrotechniczne wskazują, że wysiew lnu oleistego w ilości 600 kielkujących nasion na 1 m² jest najbardziej odpowiedni dla wzrostu i rozwoju roślin oraz plonowania (Stevenson i in., 1998; Turner, 1991). Odmiany lnu oleistego odznaczają się dużą zdolnością adaptacyjną na zmienne w latach warunki agro-klimatyczne i środowiskowe (Casa i in., 1999; Diepenbrock i in., 1995). Nie zdołano dotąd wyjaśnić mechanizmu adaptacji odmian lnu oleistego do zmiennych warunków agro-klimatycznych oraz opisać zmienności i współzależności pomiędzy cechami morfologicznymi i strukturalnymi osobnika (rośliny). Obserwacje poczynione przez Bazzaz i Harpera (1977), Diepenbrocka i in. (1995), Hockinga (1995), a odnoszące się do wzrostu i rozwoju lnu oleistego w trakcie ontogenezy, w połączeniu z analizą zagęszczenia pędów na jednostce powierzchni pola lub w wazonie, przeprowadzone przez (Turnera, 1991; Grant i in., 1999; Casa i in., 1999), dostarczyły przekonujących danych, że len oleisty odznacza się znaczną skłonnością do rozgałęziania się, czyli wykształcania pędów bocznych, tuż przy powierzchni gleby. Można z dużą pewnością uznać proces rozgałęziania się lnu oleistego i krzewienia się zbóż za rolniczo bardzo podobny, chociaż biologicznie różny, lecz w jego rezultacie zwiększa się liczba pędów wegetatywnych i generatywnych. Nadmierna obsada pędów w łanie lnu oleistego jako wynik nadmiernego rozgałęziania się, wywołuje na ogół wczesne i silne wyleganie roślin, prowadzące do wystąpienia strat w plonie, stąd postulowano ograniczone nawożenie azotem (Hocking, 1995; Grant i in., 1999), stosowanie retardantów wzrostu (Leitch i Kurt, 1999) oraz umiarkowaną ilość wysiewu (Casa i in., 1999; Diepenbrock i in., 1995). Poza wskazaniem na występowanie w warunkach polowych zjawiska rozgałęziania się roślin lnu oleistego (Hocking, 1995; Diepenbrock i Iwersen, 1989; Bazzaz i Harper, 1977), to zrozumienie, choćby częściowe tego zjawiska jest niewielkie, ponieważ proces ten jest w piśmiennictwie bardzo słabo udokumentowany. Sprawia to, że dotychczas występuje brak empirycznych podstaw do głębszego zrozumienia czynników determinujących rozgałęzianie się roślin odmian lnu oleistego i wkładu tego zjawiska do samoregulacji zagęszczenia łanu. Poznanie rozmiarów rozgałęziania się roślin lnu oleistego w różnych latach jego wegetacji, może mieć znamiona użyteczne, pozwalające na precyzyjniejsze formułowanie ilości wysiewu i nawożenia mineralnego. W naszym kraju

wiedza ta jest ważna, ponieważ następuje restytucja uprawy formy oleistej Inu. Z drugiej strony udowodniono, że len oleisty na tle innych roślin rolniczych, odznacza się słabymi wschodami z uwagi na małe nasiona (Stevenson i in., 1998), a ta właściwość powoduje, że znaczenie rozgałęziania jako czynnika, korygującego zagęszczenie pędów w łanie, może mieć istotne znaczenie z uprawowego punktu widzenia. Zatem można oczekiwać, że proces rozgałęziania się równocześnie wywiera określony wpływ w strukturę i frekwencję pędów uprawianych odmian oraz na wymiary i współzależność cech, związanych z plonem.

Celem podjętych badań była analiza zjawiska tworzenia się bocznych rozgałęzień przez różne odmiany w poszczególnych latach wegetacji. Zasięg porównań poszerzono o analizę wymiarów i zmienności cech morfologicznych i strukturalnych roślin oraz zachodzące pomiędzy nimi współzależności o charakterze korelacyjnym i regresyjnym.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W latach 1999-2002 w Stacji Doświadczalnej Prusy, położonej 18 km na północny wschód od Krakowa, prowadzono trójczynnikowe doświadczenie polowe, obejmujące dwie odmiany, stanowiące obiekty I czynnika oraz nawożenie mineralne w ilości – 90 i 180 kg NPK na 1 ha (II czynnik) i trzy gęstości siewu – 300, 600 i 900 kiełkujących nasion na 1 m², jako III czynnik. Badaniami objęto dwie odmiany – krajową 'Opal', odznaczającą się brązową barwą nasion oraz żółtonasienną węgierską odmianę 'Hungarian Gold'. Szczegółowe pomiary biometryczne roślin obydwu odmian, przeprowadzono dla obiektu obejmującego wysiew 600 kiełkujących nasion na 1 m² i przy nawożeniu mineralnym w wysokości 180 kg NPK na 1 ha, z czego 60 kg stanowił azot w formie saletry amonowej, stosowany w dwu równorzędnych dawkach, przed siewem i w fazie jodełki. Ścisłe doświadczenie polowe corocznie zakładano na czarnoziemie zdegradowanym wytworzonym z lessu i zaliczanym pod względem użytkowym do kompleksu pszennego bardzo dobrego, I klasy bonitacyjnej. Pod względem granulometrycznym glebę zaliczano do pyłu zwykłego i odznaczała się średnią zawartością przyswajalnych składników w warstwie ornej, a ponadto zawierała 1,08-1,21% węgla organicznego i 0,13-0,16% N ogólnego.

Doświadczenia założono metodą podbloków w 4 powtórzeniach. W okresie dojrzałości technicznej (późnożółta) wrywano rośliny z powierzchni próbných obejmujących 1 m², z każdego powtórzenia celem policzenia obsady roślin i pędów. Następnie na losowej próbie zbiorczej obejmującej 30 roślin, przeprowadzono pomiary długości pędów oraz ustalono ich klasyfikacje co do ich rzędowości (główny, boczne) w oparciu o położenie biosocjalne (hierarchia) wewnątrz rośliny. Ponadto zmierzono długość części owocującej każdego pędu w roślinie, a także policzono liczbę odgałęzień bocznych I-rzędu oraz liczbę torebek. W latach 2001 i 2002 wykonywano także pomiary: długości odgałęzień I-rzędu, liczby nasion z odgałęzienia i pędu, plon nasion i słomy z pojedynczego pędu oraz wskaźnik zbioru.

Do obliczeń statystycznych wykorzystano arkusz kalkulacyjny Excel XP oraz pakiet STATISTICA.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Warunki wzrostu i rozwoju roślin odmian lnu oleistego były zróżnicowane w poszczególnych latach wegetacji, głównie poprzez wysokość, a także rozkład i charakter opadów atmosferycznych oraz średnie temperatury powietrza (tab. 1).

Tabela 1

Średnie temperatury powietrza (°C) oraz rozkład opadów atmosferycznych (mm) w poszczególnych miesiącach okresu wegetacji lnu oleistego

Table 1

Mean air temperature (°C) and distribution of rainfalls (mm) in the consecutive months of linseed vegetation period

Lata – Years	Miesiące – Months					$\bar{x}$
	IV	V	VI	VII	VIII	
	Temperatura powietrza – Air temperature					
1999	9,8	12,9	17,9	21	17,6	15,8
2000	11,8	16	19,9	16,6	18,9	16,6
2001	9,3	15,9	16,0	21,2	20,7	16,6
2002	10,4	18,4	18,7	21,3	21,6	18,1
$\bar{x}$ z wielolecia – from many years	9,5	15,1	17,6	19,4	19,2	16,2
	Opady – Rainfalls					Σ
1999	34,2	26,9	201	61,5	41,1	364,7
2000	42,9	92,9	70,3	217,4	41,3	464,8
2001	145,7	72,9	86,1	141,6	77,2	523,5
2002	85,2	49,3	102,1	42,9	62,7	342,2
$\bar{x}$ z wielolecia – from many years	74,9	50,3	114,9	128,4	55,6	424,1

Zmienne w miesiącach wegetacji lnu oleistego opady atmosferyczne rzutowały na intensywność rozgałęziania się roślin. Najbardziej charakterystyczny dla tego procesu biologicznego, mającego określone skutki rolnicze był rok 2002, w którym sytuacja pogodowa w miesiącu kwietniu, w przemożnym stopniu zaważyła na obsadzie roślin młodocianych. Pod koniec miesiąca kwietnia wystąpił deszcz nawalny (48,4 mm), jako opad burzowy o dużej intensywności, ponieważ czas jego trwania wyniósł około 30 minut. Wielka intensywność tego deszczu zbiegła się z początkiem wschodów odmiany 'Hungarian Gold', podczas gdy rozwijająca się szybciej odmiana 'Opal' w tym okresie znajdowała się w pełni wschodów. Niższa obsada roślin odm. 'Hungarian Gold' roku 2002, była skutkiem dynamicznego oddziaływania kombinacji czynnika opadowego z wysoką temperaturą powietrza jaka wystąpiła w początku maja. Bezpośrednim skutkiem takiego przebiegu pogody było zlanie się gleby na powierzchni pola i wytworzenie skorupy, przez którą nie zdołały przebić się kielkujące drobne nasiona lnu, tym bardziej że słoneczna i gorąca pogoda utrwalała specyficzne i negatywne oddziaływanie tej nieoczekiwanej przeszkody, pod którą obserwowano (po jej ręcznym przerwaniu w czasie obserwacji) poskręcane kielki wysianych nasion. Panująca w miesiącu maju przez dwie pierwsze dekady słoneczna i gorąca pogoda spowodowała wysychanie i zamieranie kielkujących nasion. Równocześnie w tych specyficznych warunkach pogodowych, szybko ogrzewająca się

warstwa orna gleby, umożliwiła dużą intensywność procesów mikrobiologicznych w warstwie ornej, które prowadziły do silniejszego rozkładu próchnicy glebowej, prowadząc do dużego uwalniania związków azotu, co stymulowało proces rozgałęziania się u nielicznych i młodocianych roślin lnu, znajdujących się w fazie jodełki. Również w roku 2001, bezpośrednio po wysiewie nasion, wystąpiły intensywne i trwające tydzień opady atmosferyczne, w wyniku których zlanu uległa górna warstwa gleby, lecz w warunkach chłodnej i deszczowej pogody w trakcie kiełkowania lnu, nie doszło do wytworzenia się skorupy glebowej, chociaż wschody roślin lnu były utrudnione, o czym świadczy tylko średnie zagęszczenie młodocianych roślin. Ten rok odznaczył się największą ilością opadów w okresie wegetacji, co pociągało za sobą prawdopodobnie silniejsze wymywanie związków azotu, stąd w tym roku rozmiary rozgałęziania się roślin lnu należy ocenić jako średnie. W dwóch pierwszych latach badań przebieg warunków klimatycznych nie oddziaływał w takim nasileniu na rozwój i obsadę młodocianych roślin lnu jak w latach 2003 i 2002. Należy wspomnieć o istotnym i ujemnym oddziaływaniu wysokiej temperatury powietrza w letnich miesiącach roku 2002 na wzrost roślin, w wyniku czego zmniejszyła się długość pędów, niezależnie od ich położenia biosocjalnego wewnątrz rośliny.

W tabeli 2 zamieszczono obsadę roślin i pędów pod koniec okresu wegetacji oraz roślin młodocianych. W odniesieniu do obsady roślin młodocianych wykazano,

Tabela 2

Obsada roślin i pędów odmian lnu oleistego w latach, a także intensywność procesu rozgałęziania i jego wkład w końcowe zagęszczenie

Table 2

The density of plants and shoots of linseed cultivars in years and also intensively of branching process and this share at end density

Wyszczególnienie – Item	Lata – Years							
	1999		2000		2001		2002	
	Odmiany – Cultivars							
	HG*	OP*	HG	OP	HG	OP	HG	OP
Obsada roślin młodocianych [szt./m ²] The density of juvenile plants [pcs./sq m]	348	335	225	252	237	203	118	289
Obsada roślin w czasie zbioru [szt./m ²] The density of plants in harvest time [pcs./sq m]	309	299	201	231	212	187	111	265
Obsada pędów w czasie zbioru [szt./m ²] The density of shoots in harvest time [pcs./sq m]	402	440	288	294	345	280	229	345
Współczynnik rozgałęziania produkcyjnego – Coefficient of branching productivity	1,3	1,47	1,43	1,27	1,63	1,50	2,03	1,30
Udział (%) grup roślin w końcowym zagęszczeniu roślin/pędów Share of plants groups in plants/shoots final density								
1-pędowe – 1 shoot plants	76,7** 59***	76,7 52,3	60 41,9	76,7 60,5	63,3 38,8	63,3 42,2	36,7 18	76,7 59
2-pędowe – 2 shoot plants	16,7 25,6	–	36,7 51,2	20 31,6	23,3 28,6	30 40	33 32,8	16,7 25,6
3-pędowe – 3 shoot plants	6,6 15,4	23,3 47,7	3,3 6,9	3,3 7,9	13,3 24,5	–	20 29,5	6,6 15,4
4-pędowe – 4 shoot plants	–	–	–	–	3,3 8,1	6,7 17,8	10 19,7	–

*HG-Hungarian Gold, OP-Opal

Udział-Share ** – roślin-plants

*** – pędów-shoots

że zależała ona w danym roku od przebiegu warunków klimatycznych, których specyficzny sposób oddziaływania omówiono wcześniej. Wyjściowa obsada roślin odmian lnu oleistego, zróżnicowana w latach wegetacji, determinowała intensywność procesu rozgałęziania się roślin lnu, chociaż prawdopodobnie jego intensywność modyfikowała także zawartość związków azotu, zależna od reżimu warunków pogodowych (opady i temperatura) w miesiącach kwiecień i maj. Proces rozgałęziania się roślin przebiegał nieco intensywniej u odmiany żółtonasiennej – 'Hungarian Gold' w porównaniu do brązownasiennej odmiany – 'Opal'. Jednak regularność rozgałęziania się roślin porównywanych odmian była zmienna w latach. W latach o normalnym i sprzyjającym wegetacji lnu przebiegu pogody, proces rozgałęziania się przebiegał normalnie, czyli dodatkowe pędy wytwarzało od 23 do 40% roślin lnu. Jedynie w roku 2002 w przerzedzonym w czasie wschodów lanie odmiany 'Hungarian Gold' rozgałęziło się aż 63% roślin.

Obsadę pędów obydwu odmian lnu oleistego pod koniec okresu wegetacji (zbiór), należy ocenić jako dobrą i jednocześnie uznać za odpowiednią, ponieważ nie dochodziło do wylegania lnu, które w średnim nasileniu, miało jedynie miejsce w roku 1999. Rozgałęzianie się roślin lnu oleistego należy uznać za biologiczny proces regulujący wykształcanie pędów przez rośliny. Rozmiary tego procesu, poza właściwościami samych odmian, zależne są także od czynników zewnętrznych, głównie pogodowych. Należy podkreślić fakt, że udokumentowane znaczne rozmiary rozgałęziania się roślin były możliwe, ponieważ len oleisty był uprawiany na najlepszej rolniczo glebie (czarnoziem) i w tych warunkach zjawisko to wystąpiło w znacznym nasileniu. W niniejszej pracy po raz pierwszy w piśmiennictwie, wykazano istnienie i szczegółowo udokumentowano rozmiary tego ważnego procesu biologicznego dla lnu oleistego oraz jego wkład w końcowe zagęszczenie pędów różnych odmian. Z rolniczego punktu widzenia plon nasion lnu oleistego z jednostki powierzchni zależy od liczby pędów i ich indywidualnej produktywności, determinowanej głównie liczbą torebek.

Szczegółowa analiza procesu rozgałęziania się roślin różnych odmian lnu oleistego wykazała, że ten proces zwiększa obsadę pędów dodatkowych (bocznych), pierwszego lub dalszych rzędów, które jednak produkcyjnie znacznie ustępują pędowi głównym. Rozgałęzianie się roślin lnu oleistego ma także inny i dodatni aspekt, polegający na zagospodarowaniu wolnej przestrzeni w lanie i częściowym ograniczeniu możliwości rozwoju chwastów, który mógłby prowadzić do „wtórnego zachwaszczenia”, bardzo pogarszającego kombajnowy zbiór i obniżyć jakość plonu, zwłaszcza gdy wystąpią gatunki chwastów produkujące trujące nasiona.

Architektura roślin obydwu odmian lnu oleistego układała się podobnie pod względem hierarchii pędów. Natomiast wymiary analizowanych cech morfologicznych i rolniczych, zależne były w widoczny sposób od właściwości odmian (tab. 3). W wydzielonych grupach roślin, oddzielnych dla każdej z odmian, zachodził podobny układ zależności, raczej typowy dla gatunku, bowiem u obydwu odmian wykazano dominację pędu głównego nad bocznymi, tym silniejszą im więcej pędów posiadała roślina. Dominacja pędu głównego nad bocznymi była widoczna w odniesieniu do liczby torebek, która to liczba na poszczególnych kategoriach pędów była mocno zróżnicowana. Szczególnie duża przewaga pędu głównego nad bocznym zaznaczała

Tabela 3

Wymiary i zmienność wybranych cech pędów odmian lnu oleistego w zależności od grup roślin

Table 3

The dimensions and variability of linseed cultivars selected shoot's traits in dependence of plants groups

Grupy roślin Plants groups	Lp. No.	Pęd Shoot	Odm. Cvs.	Cechy – Traits			
				Długość Length	Długość części owocującej pędu Shoot fruiting part length [cm]	Liczba odgałęzień Number of branches	Liczba torebek [szt.] Number of capsules [pcs.]
1-pędowe 1-shoot plants	1	Pęd główny Main shoot	HG	57,1±9,39	23,3±9,78	6,06±2,93	22,1±18,1
			OP	68,9±9,95	22,6±7,24	6,57±2,59	19,9±12,8
2-pędowe 2-shoot plants	2	Pęd główny Main shoot	HG	61,9±9,92	26,0±8,51	7,51±4,51	27,9±18,8
			OP	71,4±14,2	24,6±6,65	7,91±2,63	22,9±10,8
	3	Pęd boczny Lateral shoot [I]	HG	52,6±6,59	18,5±9,18	3,60±2,56	9,60±11,1
			OP	59,1±9,42	17,5±7,46	4,70±2,15	7,85±4,39
3-pędowe 3-shoot plants	4	Pęd główny Main shoot	HG	65,8±8,74	27,6±11,2	9,0±3,88	35,3±29,9
			OP	74,3±4,99	30,1±7,06	11,0±3,94	41,1±16,3
	5	Pęd boczny Lateral shoot [I]	HG	58,8±7,21	22,3±10,0	6,85±3,58	10,2±24,3
			OP	64,1±4,56	17,2±3,97	4,10±1,73	10,3±4,95
	6	Pęd boczny Lateral shoot [II]	HG	54,8±6,91	19,0±9,67	5,66±3,58	5,38±2,14
			OP	57,8±8,13	14,4±3,86	3,0±0,94	5,9±3,41
4-pędowe 4-shoot plants	7	Pęd główny Main shoot	HG	54,3±3,09	30,3±10,8	12,5±4,06	87,5±33,4
			OP	76,2	38,4	16,5	55,1
	8	Pęd boczny Lateral shoot [I]	HG	52,8±4,86	20,6±10,8	6,32±1,82	19,5±8,58
			OP	66,5	27,3	8,0	19
	9	Pęd boczny Lateral shoot [II]	HG	43,0±5,35	19,3±5,21	3,75±0,96	9,25±3,77
			OP	63	18,5	7	11,5
	10	Pęd boczny Lateral shoot [III]	HG	36,8±9,91	11,5±5,06	2,5±1,29	2,25±0,95
			OP	50,5	13	5	5,5

Tabela 4

Wybrane cechy morfologiczne odmian lnu oleistego w poszczególnych latach uprawy

Table 4

Selected morphological traits of linseed cultivars in consecutive years of cultivation

Lata Years	Jednostki Units	Długość pędu Shoot length		Długość części owocującej pędu Shoot fruiting part length [cm]		Liczba odgałęzień Number of branches		Liczba torebek [szt.] Number of capsules [pcs.]	
		Odmiany-Cultivars							
		H.Gold	Opal	H.Gold	Opal	H.Gold	Opal	H.Gold	Opal
1999	$\bar{x}^*$	56,7	68,2	15,5	22,1	—	—	16,4	22,6
	SD**	7,29	7,16	5,37	6,72	—	—	8,99	15,9
2000	$\bar{x}$	59,3	72,4	20,9	23,3	4,05	5,56	13,4	19,2
	SD	7,08	13,39	7,01	8,38	1,99	3,45	8,31	14,61
2001	$\bar{x}$	54,9	70,5	27,2	25,9	8,24	8,55	31,9	23,9
	SD	11,93	8,35	10,92	7,67	5,01	3,18	35,4	14,9
2002	$\bar{x}$	55,2	56,9	20,9	16	5,54	5,26	17,0	11,4
	SD	9,19	7,23	9,55	5,29	2,76	2,02	14,9	8,06

Tabela 5

Liczba torebek (sztuk/ m²) odmian lnu oleistego w latach wegetacji oraz wkład (%) grup roślin i kategorii pędów w jej kształtowanie

Table 5

The number of capsules (pieces/ sq. m.) of linseed cultivars in vegetation years and its formation share by plants groups and shoots categories

Wyszczególnienie Item	Lata –Years							
	1999		2000		2001		2002	
	Odmiany-Cultivars							
	HG*	OP*	HG	OP	HG	OP	HG	OP
Liczba torebek [szt./m ²] – Number of capsules [pcs./ sq.m]	6593	9944	3859	5645	11006	6692	3893	3933
Udział (%) grup roślin w końcowej obsadzie torebek – Share of plants groups at capsules final density**								
1-pędowe – 1 shoot plants	68,2	60,7	49,3	53,1	35,3	50,0	18,3	62,5
2-pędowe – 2 shoot plants	18,6	-	47,5	30,4	29,8	33,1	36,4	19,1
3-pędowe – 3 shoot plants	13,2	39,3	3,2	16,5	21,7	—	19,6	18,4
4-pędowe – 4 shoot plants	—	—	—	—	13,2	16,9	25,7	-
Udział (%) kategorii pędów w obsadzie torebek-Share of shoots categories at capsules final density***								
Pędy główne –Main shoots	92,0	69,3	89,3	87,0	86,6	84,9	71,6	90,6
Pędy boczne -Lateral shoots	8,0	30,7	10,7	13,0	13,4	15,1	28,4	9,4

się u roślin posiadających 3 i 4 pędy. Natomiast pod względem wymiarów tej cechy również ciekawe zależności ujawniły się pomiędzy pędami głównymi, ponieważ pędy główne roślin 1-pędowych, 2-pędowych, 3-pędowych i 4- pędowych odmiany 'Hungarian Gold' posiadały następujące liczby torebek, odpowiednio: 22,1, 27,9, 35,3 i 87,5. Natomiast analogiczne dane dla krajowej odmiany 'Opal' wyniosły: 19,9, 22,9, 41,1 i 55,1 sztuk na 1 pędzie. Również pozostałe cechy miały wymiary zdeterminowane rodzajem pędów, a w pierwszym rzędzie odnosi się to do ich wysokości.

Dane zamieszczone w tabeli 5 informują, że obsada torebek na powierzchni 1 m² była zmienna w latach. Szczególnie widoczne były wahania tej cechy u odm. 'Hungarian Gold', ponieważ różnice w latach były trzykrotne. W ostatnim roku doświadczeń, odmiana ta dzięki silnemu rozgałęzianiu się roślin, wykształciła podobną liczbę torebek jak odm. 'Opal', posiadająca znacznie większą obsadę roślin w okresie wegetacji. Porównanie liczby torebek na jednostce powierzchni w połączeniu z obsadą roślin i ich krzewieniem się wskazuje na znaczną siłę procesów kompensacji, jakie zachodzą w łanie lnu oleistego. Udział roślin 1-pędowych w kształtowaniu liczby torebek, był zróżnicowany u porównywanych odmian. Bardziej stabilna pod względem tej cechy była odmiana 'Opal', u której grupa roślin jednopędowych miała wkład równy 50%, lub więcej w formowaniu liczby torebek na 1 m². Grupa roślin jednopędowych odm. 'Hungarian Gold' miała zmienny wkład w latach, sięgający aż 68,2% w roku 1999 (słabe rozgałęzianie się roślin) i tylko 18,3% w 2002 r. gdy intensywność procesu rozgałęziania się roślin tej odmiany była szczególnie duża. Udział roślin o dwóch pędach (główny i boczny 1-rzędu) w formowaniu końcowej liczby torebek był na ogół większy w porównaniu do roślin które wykształciły większą liczbę pędów bocznych. Jednak znaczący wkład w liczbę torebek lnu oleistego u obydwu odmian miały pędy główne. Ten kierunek i układ zależności wskazuje, że rozgałęzianie tylko w dwóch przypadkach, zwiększało liczbę torebek, a wówczas jego udział w determinacji liczby torebek oscylował wokół 30%. W pozostałych latach wkład pędów bocznych był przeszło dwukrotnie mniejszy.

Na rysunku 1 przedstawiono wszystkie kategorie pędów pod względem procentowego wkładu w liczbę torebek, jaką wykształciły porównywane odmiany. Dane te unaocniły, że pędy boczne w porównaniu z głównymi miały stosunkowo mały wkład w liczbę torebek, wytworzonych przez odmiany na powierzchni 1 m². Ten kierunek zależności pozwala na stwierdzenie, że pędy boczne w porównaniu z głównymi mają mało znaczący wkład w ostateczną liczbę torebek u lnu oleistego. Taki układ zależności wskazuje, że tylko prawidłowa agrotechnika, polegająca na odpowiedniej ilości i terminie wysiewu, jest w stanie uformować pożądaną liczbę torebek, która jest zasadniczą determinantą plonowania lnu. Dlatego rozgałęzianie się roślin lnu oleistego należy przyjąć za ważny proces, lecz tylko o uzupełniającym charakterze, potrzebny szczególnie w latach o gorszych wschodach, kiedy ten proces w drodze samoregulacji łanu prowadzi do zwiększenia obsady pędów generatywnych i torebek na jednostce powierzchni. Analiza wymiarów cech morfologicznych w sezonach wegetacyjnych, wykazała modyfikujący wpływ lat. Odmiana 'Opal' posiadała dłuższe pędy i przewaga ta ujawniała się szczególnie w latach wilgotniejszych, natomiast w roku 2002 różnice międzyodmianowe były stosunkowo małe. W latach wilgotniejszych odmiana 'Opal' wykształcała więcej torebek w porównaniu z odmianą 'Hungarian Gold'.

Rys. 1. Wkład [%] pędów odmian lnu oleistego w obsadę torebek.

Opis obiektów jak w tabeli 3

Fig. 1. Linseed cultivars shoots share [%] at capsules density. Items description as in table 3

Należy podkreślić zmniejszenie się wysokości pędów obydwu odmian w gorącym roku 2002, połączone z mniejszą liczbą torebek związanych na pojedynczym pędzie. Analiza tej zależności wskazuje na pogorszenie się warunków wzrostu roślin lnu w warunkach suszy glebowej, co poza ograniczeniem wysokości roślin, upośledza również ich rozwój generatywny, skutkujący znacznym ograniczeniem liczby torebek.

Rosnąca długość pędu w dodatni, lecz tylko umiarkowany sposób wpływała na liczbę torebek (rys. 2). Wartości współczynnika korelacji wielokrotnej (R^2) dla odmian 'Hungarian Gold' i 'Opal' wyniosły odpowiednio 0,341 i 0,309. Współzależność pomiędzy tymi cechami miała charakter funkcji wykładniczej. W przypadku porównywanych odmian długość pędu w odmienny sposób determinowała liczbę torebek. Skokowy wzrost liczby torebek na pędach odmiany 'Hungarian Gold' miał miejsce, gdy ich długość przekroczyła 50 cm. Nieliczne pędy główne tej odmiany, powyżej 60 cm posiadały od 40 do 100 torebek, a więc ich wkład w plonowanie lnu należy ocenić jako ponadprzeciętny. Pędy odmiany 'Opal', nawet te najdłuższe posiadały mniejszą liczbę torebek, w nielicznych wypadkach przekraczającą 40 sztuk. Wykazano, że dłuższe pędy odmiany 'Opal' nie pozwoliły na wytwarzanie większej liczby torebek w porównaniu do odmiany 'Hungarian Gold', posiadającej krótsze pędy. Próba przedstawienia liczby torebek na poszczególnych kategoriach pędów (główne, boczne) nie dawała lepszej poglądowości, dlatego ze względów merytorycznych i edytorskich zaniechano takich porównań.

Ścisłejsza współzależność o wykładniczym przebiegu, ujawniła się pomiędzy długością części owocującej pędu a liczbą torebek na pędzie (rys. 3), ponieważ wartości (R^2) dla odmian 'Hungarian Gold' i 'Opal' wynosiły 0,608 i 0,531. Bezpośrednie porównanie zależności pomiędzy liczbą torebek na pędzie, a długością pędu lub długością części owocującej pędu, wskazuje że ta ostatnia cecha (zmienna niezależna)

Rys. 2. Zależność pomiędzy długością pędu a liczbą torebek
Fig. 2. Relationship between shoot length and number of capsules

Rys. 3. Zależność pomiędzy długością części owocującej pędu a liczbą torebek
 Fig. 3. Relationship between shoot fruiting part length and number of capsules

ma większą wartość prognostyczną. Zależność tą można wykorzystać w pracach hodowlanych i uprawowych, zarówno w odniesieniu do szczegółowych pomiarów biometrycznych porównywanych rodów lub odmian, czy wykorzystać w bonitacji dużej liczby ocenianych obiektów.

Długość pojedynczego odgałęzienia owocującej części pędu była wysoce istotnie i dodatnio skorelowana z liczbą nasion (rys. 4). W przypadku tych cech zależności miały charakter liniowy, a wartości (R^2) dla odmiany 'Hungarian Gold' i 'Opal'

Rys. 4. Zależność pomiędzy liczbą nasion z jednego odgałęzienia a jego długością
 Fig. 4. Relationship between number of seeds from one branch and its length

Rys. 5. Zależność pomiędzy plonem nasion z pędu a liczbą torebek
Fig. 5. Relationship between seed yield from shoot and number of capsules

Rys. 6. Zależność pomiędzy liczbą torebek na pędzie a całkowitą liczbą odgałęzień
Fig. 6. Relationship between number of capsules from shoot and total number of branches

Rys. 7. Zależność pomiędzy plonem nasion z pojedynczego pędu a wskaźnikiem zbioru
 Fig. 7. Relationship between seed yield from single shoot and harvest index

wynosiły 0,921 i 0,981. Podobny charakter zależności, aczkolwiek z nieco mniejszą siłą ujawnił się w odniesieniu do współzależności zachodzącej pomiędzy plonem nasion z pędu a liczbą torebek na pędzie (rys. 5). Wartość współczynnika korelacji wielokrotnej (R^2) dla odmiany 'Hungarian Gold' wyniosła 0,917, a dla odmiany 'Opal' 0,822. Analiza zależności przedstawionych na rysunkach 3 i 4 pozwala na wysunięcie stwierdzenia, że liczba torebek na pędzie dobrze określa plon nasion, a z uwagi na szybkość i prostotę pomiaru tej cechy można ją rekomendować do wykorzystania w pracach prowadzonych z lnu oleistym. Rys. 6 dostarcza użytecznych informacji, mających naukowe i praktyczne znaczenie. Wykazano liniową współzależność, jaka zachodziła pomiędzy liczbą odgałęzień części owocującej pędu, a liczbą torebek na pędzie, o czym informują dosyć wysokie wartości (R^2), wynoszące dla odmian 'Hungarian Gold' – 0,776 i 'Opal' – 0,714. Taki kierunek zależności, pozwala w oparciu o liczbę odgałęzień bocznych na pędzie, rokować o liczbie torebek, a także o plonie nasion z pędu.

Wskaźnik zbioru, stanowiący cechę ilorazową i jako cecha pośrednia oraz powszechnie używana współcześnie w badaniach rolniczych, w niniejszej pracy okazał się mało użyteczny (rys. 7). Pomiedzy wskaźnikiem zbioru a plonem nasion wystąpiła współzależność o charakterze potęgowym, o małej sile związku ponieważ wartości (R^2) dla obydwu odmian: 'Hungarian Gold' i 'Opal' były bardzo niskie. Należy podkreślić, że użycie dla oceny produktywności pojedynczego pędu odmian lnu oleistego innych cech, jak liczba odgałęzień części owocującej pędu daje pewną i wiarygodną informację, a zarazem pomiar tej cechy jest bardzo szybki (z uwagi na jego prostotę). Ponadto wykorzystanie tej cechy może mieć miejsce do oceny przyżyciowej (niedestrukcyjnej), czyli przed zbiorem, poczynając od fazy dojrzałości zielonej lnu aż do dojrzałości pełnej.

DYSKUSJA

Len, podobnie jak zboża, ma zdolność do zwiększania obsady pędów wegetatywnych i generatywnych poprzez ich zawiązywanie u podstawy pędu głównego. Z uwagi na miejsce i czas wytwarzania bocznych pędów przez rośliny lnu, zachodzi pełna analogia pomiędzy tym procesem u tego gatunku i zbóż, dlatego Leitch i Kurt (1999), używają terminu krzewienie (ang. *tillering*), jako najbardziej adekwatnego do opisanie tego zjawiska. Liczba pędów wytworzonych przez rośliny zbożowe (pszenicę ozimą i jęczmień jary) w trakcie krzewienia, zależy od kilku wiodących czynników, takich jak warunki troficzne siedliska, agrotechnika związana głównie z terminem i ilością siewu, a także cechy odmian oraz szereg innych (Podolska, 1999; Pecio, 2002). Rośliny te stanowią modelowe obiekty do badań tego zjawiska, jakim jest krzewienie się zbóż, ponieważ jęczmień krzewi się najsilniej, a pszenica najsłabiej. Znaczenie procesu krzewienia dla rozwoju i plonowania zbóż, zwłaszcza tych, które dzięki procesowi krzewienia mogą zwiększyć obsadę kłosów jest ciągle przedmiotem dyskusji, dlatego, że krzewienie jako proces jest nieprzewidywalne co do przyszłych skutków, które w roku wilgotnym mogą być negatywne, ponieważ nadmiernie zagęszczony łan silnie wylega w wyniku intensywności tego procesu, a ta forma szkód prowadzi do obniżenia plonu ziarna. Udowodniono, że odmiany o wysokim współczynniku rozkrzewienia, produkujące duże ilości pędów bocznych, są wrażliwe na wystąpienie suszy po okresie kwitnienia, który to stres zmniejsza szanse na przeżycie pędów bocznych, w warunkach klimatu suchego i gorącego (Birch i Long, 1990; Fathi i in., 1997). Pecio (2002) potwierdziła w swoich badaniach, że zagęszczenie siewu powodowało zmniejszenie krzewistości roślin i zmiany w budowie przestrzennej łanu jęczmienia browarnego. Również Podolska (1999) podaje, że wzrost ilości wysiewu pszenicy ozimej prowadził do zmniejszenia się ilości roślin rozkrzewionych na korzyść jednopędowych. Autorka ta udowodniła także, że jednopędowy model rośliny (wyeliminowane krzewienie) nie zapewnił poprawy budowy (architektury) łanu, ponieważ nadal utrzymywała się wielowarstwowość rozmieszczenia kłosów, a także była zbyt mała ich obsada, nawet przy gęstym siewie. Z uwagi na wielość czynników oraz możliwość współdziałań pomiędzy nimi odnośnie krzewienia się roślin, można uznać, że ten proces ma wielorakie uwarunkowania, w tym duże znaczenie ma przebieg pogody. Jako wiodące charakterystyki tego procesu w odniesieniu do zbóż podaje się liczbę pędów wegetatywnych i generatywnych, wytworzonych przez jedną roślinę, ewentualnie ich długość oraz produktywność. Pomimo, że krzewienie się zbóż poznano od dawna, to nadal ten proces jest przedmiotem intensywnych badań, a jego stwierdzony i znaczny wkład w strukturę (budowę) łanu, sprowadza się do przestrzennego rozmieszczenia osobników oraz wielkości ich organów generatywnych, mających wiodące znaczenie dla plonowania. Zhong i in. (2002) badali krzewienie się ryżu w zależności od wielkości indeksu powierzchni liści, oceniając, że ten proces determinuje plonowanie tego zboża, a umiejętność optymalizacji krzewienia w odniesieniu do tego gatunku uznali za podstawowy czynnik umożliwiający uzyskiwanie wysokich plonów ziarna.

Dotychczas rozgałęzianie się roślin lnu – oleistego i włóknistego, analogiczne do krzewienia u zbóż, ponieważ prowadzi do wzrostu obsady pędów, było na ogół

pomijane w badaniach nad biologią tej rośliny rolniczej. W nielicznych pracach wykazano zaistnienie tego procesu u lnu oleistego w następstwie przyjętych czynników agrotechnicznych (Bazzaz i Harper, 1977; Turner, 1991; Diepenbrock i Iwersen, 1989; Hocking, 1995; Leitch i Kurt, 1999). Najpełniej proces rozgałęziania się roślin lnu oleistego odm. LinolaTM 947 opisał Hocking (1995), badając wpływ wzrastających dawek azotu w doświadczeniu wazonowym. Autor ten wykazał, że wzrastające dawki azotu ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$): 14, 35, 70, 140, 210, 350, 700 stymulowały wytwarzanie pędów bocznych przez rośliny, a proces ten miał miejsce od 44 do 72 dnia, licząc od dnia siewu. Średnie dawki azotu zapewniły co najmniej 50%-owy udział torebek z pędów bocznych w łącznej ich ilości z pojedynczej rośliny. W niniejszej pracy przeprowadzonej w warunkach polowych, udział ten był znacznie niższy, ponieważ jedynie przy najsilniejszym krzewieniu się lnu oleistego odm. 'Hungarian Gold' wynosił 28,4%. Większość autorów wiąże krzewienie (rozgałęzianie) się lnu oleistego z zagęszczeniem roślin, zależnym głównie od przyjętej dla danych warunków siedliskowych ilości wysiewu. Diepenbrock i Iwersen (1989) podkreślają, że krzewienie się roślin lnu oleistego odm. 'Liflora' miało jedynie miejsce przy wysiewie 200 nasion/ m^2 . W tych warunkach każda roślina wytworzyła od 0,7 do 1,01 pędu, zależnie od miejscowości, co dowodzi że warunki siedliskowe miejsca uprawy modyfikują natężenie tego procesu, który nie ujawnił się przy wysiewie 800 nasion/ m^2 . W badaniach własnych udowodniono, że intensywność procesu rozgałęziania się obydwu porównywanych odmian lnu oleistego zależała głównie od wyjściowej obsady roślin młodocianych, a w pewnym stopniu od układu warunków pogodowych w miesiącach kwiecień i maj. Ciekawą reakcję lnu oleistego na stosowanie retardantów wzrostu – etefon (336 g/ha) i chlormequat (1668 g/ha) stwierdzili Leitch i Kurt (1999). Aplikacja tych regulatorów wzrostu przy 9 cm wysokości pędu głównego, spowodowała wzrost liczby pędów, który dla kontroli, etefonu i chlormequatu wynosił odpowiednio: 597, 814 i 663 pędów/ m^2 , co dowodzi, że chwilowe zatrzymanie wzrostu pędów głównych zwiększyło intensywność rozgałęziania się roślin lnu, skutkiem czego jest podniesienie zagęszczenia pędów na jednostce powierzchni o 28,4 i 7,4%, po zastosowaniu retardantów. Ocena zmienności i współzależności niektórych cech roślin i łanu lnu oleistego dotychczas nie została podjęta, stąd trudność w jej odniesieniu do piśmiennictwa z tego zakresu.

Sformułowano następujące wnioski:

1. Intensywność procesu rozgałęziania się odmian lnu oleistego zależała głównie od wyjściowej obsady roślin młodocianych, a w pewnym stopniu od układu warunków pogodowych w miesiącach kwiecień i maj.
2. W latach o przebiegu pogody sprzyjającym wegetacji lnu oleistego, w łanie rozgałęziało się od 23 do 40% roślin.
3. W łanie roślin obydwu odmian lnu oleistego wytworzyły się zbliżone grupy roślin o analogicznej hierarchii pędów. Położenie biosocjalne pędu w roślinie decydowało o wymiarach jego cech. Zaznaczyła się dominacja pędu głównego nad bocznymi, widoczne w odniesieniu do liczby torebek. Szczególnie duża przewaga pędu głównego nad bocznymi w zakresie liczby torebek ujawniała się u roślin o 3- i 4 pędach.

4. Większą zmienność posiadały cechy morfologiczne pędów bocznych. Szczególnie dużą zmiennością cechowała się liczba torebek na pędzie.
5. Pomiędzy cechami odmian lnu oleistego ujawniły się współzależności o charakterze liniowym, wykładniczym i potęgowym. Plon nasion z pędu był wysoce istotnie powiązany z liczbą torebek, a cecha ta jest silnie determinowana przez liczbę odgałęzień owocującej części pędu.

LITERATURA

- Anonim, 1999. Linseed breeding. Gabonatermesztesi Kutató Kft.:15-22.
- Bazzaz F. A., Harper J. L., 1977. Demographic analysis of the growth of *Linum usitatissimum*. New Phytol. 78: 193-208.
- Birch C. J., Long K. E., 1990. Effects of nitrogen on the growth, yield and grain protein content of barley (*Hordeum vulgare*). Aust. J. Exp. Agric., 30: 237-242.
- Candrakova E., Bakula J., 2001. Vplyv hnojenia dusikom na morfologicke znaky, urodovtorne prvky a urody semena lanu siatego. Acta fytotech. et zootech. 1: 9-12.
- Casa R., Russell G., Lo Cascio B., Rossini F., 1999. Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. Eur. J. Agron. 11: 267-278.
- Comstock V. E., Ford J. H., Beard B. H., 1963. Association among seed and agronomic characteristics in isogenic lines of flax. Crop. Sci., 3: 171-172.
- Diepenbrock W., Iwersen D., 1989. Yield development in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Plant Res. Develop. 30: 104-125.
- Diepenbrock W., Leon J., Clasen K., 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. Agron. J., 87: 84-88.
- Fathi G., McDonald G. K., Lance R. C. M., 1997. Responsiveness of barley cultivars to nitrogen fertilizer. Aust. J. Exp. Agric., 37: 199-211.
- Flax Council of Canada., 1998. Growing flax: Production, management and diagnostic guide. Flax Couc. of Can. Winnipeg, MB.
- Froment M. A., Cook S. K., Booth E. J., 2000. Evaluation of linseed cultivars in England and Scotland. Tests of Agrochem. and Cult. No 21 : 27-28.
- Gilbertson O. H. G., 1990. Linseed (seed flax). Outlook on Agriculture 19: 243-249.
- Grant C. A., Dribnenki J. C. P., Bailey L. D., 1999. A comparison of the yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cvs. McGregor and Vimy) to application of nitrogen, phosphorus, and Provide (*Penicillium bilaji*). Can. J. Plant Sci., 79:527-533.
- Hocking P. J., 1995. Effects of nitrogen supply on the growth, yields components and distribution of nitrogen in Linola. J. Plant Nutr. 18: 257-275.
- Leitch M. H., Kurt O., 1999. Effects of plant growth regulators on stem extension and yield components of linseed (*Linum usitatissimum* L.). Jour. Agric. Sci. (Camb.) 132: 189-199.
- Mikelionis S., Endriukaitis A., 2000. Linseed growing technology. Zemdirbyste, Mokslo Darbai. No.69: 96-107.
- Pawelec T., 1998. Uprawa lnu na ziemiach polskich. Postępy Nauk Rol., nr 6: 51-64.
- Pecio A., 2002. Środowiskowe i agrotechniczne uwarunkowania wielkości i jakości plonu ziarna jęczmienia browarnego. Fragmenta Agronomica. XIX, nr 4(76): 4-112.
- Podolska G., 1999. Budowa i wydajność łanu pszenicy ozimej w zależności od wybranych czynników agrotechnicznych i modelu rośliny. Rozp. hab. Pam. puł. z. 116. ss. 133.

- Saeidi G., Rowland G., 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. *Can. J. Plant Sci.* 79: 521-526.
- Sankari H. S., 2000. Linseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars and breeding line as stem biomass producers. *J. Agron. & Crop Sci.* 184: 225-231.
- Stevenson F. C., Johnston A. M., Beekie H. J., Brandt S. A., Townley-Smith L., 1998. Cattle manure as a nutrient source for barley and oilseed crops in zero and conventional tillage systems. *Can. J. Plant Sci.* 78: 409-416.
- Tokarz A., 1994. Współczesne poglądy na rolę żywieniową tłuszczów. *Farm. Pol.* 50, nr 9: 382-391.
- Turner J. A., 1991. Linseed plant populations relative to cultivar and fertility. *Asp. Appl. Biol. Production and Protection of Linseed* 28: 26-30.
- Zajac T., Borowiec F., Micek P., 2001. Porównanie produktywności, składu chemicznego i profilu kwasów tłuszczowych żółtych i brązowych nasion lnu oleistego. *Rosliny Oleiste*, XXII: 441-453.
- Zhong X., Peng S., Sheehy J. E., Visperas R. M., Liu H., 2002. Relationship between tillering and leaf area index: quantifying critical leaf area index for tillering in rice. *J. Agric. Sci., (Cambr.)* 138: 269-279.
- Ziemlański Ś., Budzyńska-Topolowska J., 1994. Rola wielonienasyconych kwasów tłuszczowych z rodziny n-3 w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy. *Czynniki Ryzyka*, 2: 55-63.

Streszczenie

Dokonano analizy procesu rozgałęziania się roślin odmian lnu oleistego – 'Hungarian Gold' i 'Opal' w poszczególnych latach wegetacji 1999-2002, różniących się przebiegiem pogody. Oceną objęto także wymiary i zmienność wybranych cech morfologicznych i strukturalnych oraz zachodzące pomiędzy nimi współzależności. W oparciu o pomiary biometryczne ustalono hierarchię pędów wewnątrz rośliny, wydzielając 4 grupy roślin: 1-pędowe, 2-pędowe, 3-pędowe i 4-pędowe. Wykazano, że intensywność procesu rozgałęziania się odmian lnu oleistego zależała głównie od wyjściowej obsady roślin młodocianych, a w pewnym stopniu od układu warunków pogodowych w miesiącach kwiecień i maj. W latach o przebiegu pogody sprzyjającym wegetacji lnu oleistego, w łanie rozgałęziało się od 23 do 40% roślin. Rozgałęzianie się lnu poza zwiększeniem jego produktywności, może utrudniać także rozwój wtórnego zachwaszczenia w łanie. W łanie obydwu odmian lnu oleistego wytworzyły się zbliżone grupy roślin o analogicznej hierarchii pędów. Położenie biosocjalne pędu w roślinie decydowało o wymiarach jego cech. Zaznaczyła się dominacja pędu głównego nad bocznymi, widoczna w odniesieniu do liczby torebek. Szczególnie duża przewaga pędu głównego nad bocznymi w zakresie liczby torebek ujawniła się u roślin o 3- i 4-pędach. Większą zmienność posiadały cechy morfologiczne pędów bocznych. Szczególnie dużą zmiennością cechowała się liczba torebek na pędzie. Pomiedzy cechami odmian lnu oleistego ujawniły się współzależności o charakterze liniowym, wykładniczym i potęgowym.