

Tadeusz Zając, Bogdan Kulig
Akademia Rolnicza w Krakowie

Oszacowanie wpływu wybranych czynników agrotechnicznych na plonowanie lnu oleistego w doświadczeniu 3^{4-1}

Estimation of the effect of selected agro technical factors on linseed cropping in 3^{4-1} experiment

Słowa kluczowe: len oleisty, plon nasion, komponenty plonu, cechy morfologiczne, powierzchnia liści

Key words: linseed, seed yield, yield components, morphological traits, leaf area

W roku 1999 przeprowadzono doświadczenie polowe z lnem oleistym odmiany Opal. Glebę pola doświadczalnego stanowił zdegradowany czarnoziem, wytworzony z lessu. Doświadczenie 3^{4-1} obejmowało 27 obiektów i założono je w trzech blokach. Obiektami pierwszego czynnika były 3 poziomy nawożenia mineralnego NPK: 90, 180 i 270 kg/ha. Drugi czynnik badawczy stanowiły trzy gęstości siewu kiełkujących nasion lnu: 600, 900 i 1200 sztuk/m². Udział azotu w dawce nawozowej był trzecim czynnikiem badawczym. Czwarty czynnik obejmował nalistne stosowanie regulatora wzrostu (Promalin) i nawozu dolistnego (Tytanit). Brązowo nasienny len odmiany Opal dał w dobrych warunkach glebowo-klimatycznych plon nasion powyżej 2 ton z hektara. Plonowanie lnu oleistego na tym poziomie pozwala upatrywać w tym gatunku alternatywną roślinę oleistą, której powierzchnia zasiewów powinna ulec zwiększeniu. Komponenty struktury plonu nasion lnu nie uległy istotnemu zróżnicowaniu pod wpływem badanych czynników agrotechnicznych. Obliczone współczynniki korelacji prostej dla plonu nasion lnu i jego komponentów strukturalnych informują o słabym powiązaniu tych cech.

A strict field experiment was carried out with linseed, Opal cv. in 1999 on degraded chernozem developed from loess. The 3^{4-1} experiment comprised 27 plots in three blocks. The first factor plot comprised 3 levels of mineral fertilization NPK: 90, 180 and 270 kg/ha. Three sowing densities of germinating linseeds: 600, 900 and 1200 seeds/ m² were the second factor, whereas the nitrogen proportion in the fertilizer dose was the third. The fourth factor included foliar application of growth retardant (Promalin) and foliar fertilizer (Tytanit). Under favourable soil and climatic conditions brown linseed, Opal cv. yielded over 2 tons per hectare. Linseed yielding on this level allows considering it as an alternative oil crop and the area sown with it should be enlarged. Linseed yield components were not diversified significantly as the effect of studied agro technical factors. Calculated simple correlation coefficients for the linseed yield and its components reveal a weak relationship among these features.

Współcześnie w Europie do produkcji roślinnej wprowadzane są rośliny alternatywne, wśród których ważne miejsce zajmuje len oleisty (Appel 1991, Stand i in. 1996). Len oleisty wykorzystuje lepiej energię promieniowania fotosyntezy czynnego w porównaniu do rzepaku ozimego czy słonecznika, dzięki posiadaniu podobnego indeksu powierzchni liściowej, ale ze względu na krótszy okres wegetacji plonuje gorzej (Aufhammer i in. 2000). Wobec małej produkcji własnej, kraje UE importują nasiona, olej i poekstracyjną śrutę lnianą, głównie z Kanady i Argentyny (Gilbertson 1990). Jednocześnie kraje UE rozwijają produkcję lnu oleistego. W latach 1995–1997 największą powierzchnię uprawy lnu oleistego posiadały Niemcy (74 tys. ha), Wielka Brytania (64 tys. ha) i Francja (47 tys. ha) (FAO 1998). W Polsce len oleisty uprawiano na niewielką skalę, a jedynie w okresie międzywojennym próby z uprawą na większą skalę podjęto na Kujawach (Horodyski i Sokołowski 1964). Aktualnie jego uprawa jest znikoma.

W obrębie lnu zwyczajnego (*Linum usitatissimum* L.) wyróżnia się dwie formy użytkowe — oleistą i włóknistą, przy czym w naszym kraju na większą skalę uprawiana była głównie ta ostatnia (Pawelec 1998, Wałkowski i in. 1998). Jak podaje Pawelec (1998) powierzchnia uprawy lnu włóknistego w roku 1997 szacowana była zaledwie na 2,5 tys. ha, jednak przed tym gatunkiem, ze względu na wielorakość zastosowań, rysują się większe perspektywy dalszej uprawy, ponieważ oprócz nasion, słomę można użyć do produkcji tekstyliów i papieru (Sahi i Leitch 1994) oraz jako źródło odnawialnej energii (Staud i in. 1996).

Najnowsze doniesienia wskazują na możliwość wykorzystania nasion lnu oleistego w piekarstwie (Gambuś i in. 1999) oraz w żywieniu zwierząt (Stasiniewicz i in. 2000).

W uprawie lnu oleistego konieczne jest zwrócenie uwagi na te czynniki agrotechniczne, których optymalizacja pozwoliłaby zwiększyć plonowanie i uczynić je stabilne. Uważa się, że dużą rolę obok czynnika odmianowego, odgrywa odpowiednia ilość wysiewu (Casa i in. 1999) oraz termin siewu (Hassan i in. 1999).

W dotychczasowym piśmiennictwie brak jest informacji na temat reakcji lnu oleistego na zastosowanie płynnych nawozów mikroelementowych i regulatora wzrostu. Oddziaływanie różnych dawek nawożenia azotowego w badaniach Aufhammera i in. (2000) na plon nasion lnu oleistego okazało się nieistotne. Diepenbrock i Porksen (1992) wykazali, że uzyskiwane w konkretnych warunkach plony nasion zależą od interakcji pomiędzy uprawianą odmianą, poziomem agrotechniki i warunkami siedliska. Wyniki te wykazały, że produktywność lnu oleistego, tak od strony biologicznej jak i agrotechnicznej, ma wielorakie uwarunkowania, a jej lepsze poznanie może przynieść zastosowanie nowych układów doświadczalnych, umożliwiających równoczesną ocenę kilku czynników, z których każdy będzie oceniany na kilku (przynajmniej trzech) poziomach, co w odniesieniu

do dawki nawozowej, umożliwi oszacowanie liniowych i kwadratowych efektów ich stosowania. Wykorzystanie modułu „planowanie doświadczeń” programu Statistica pozwala na wygenerowanie planów doświadczeń, obejmujących kilka czynników, z których każdy badany jest na trzech poziomach 3^{**}(k-p), według planów frakcyjnych Boxa-Behnkena, które umożliwiają ocenę największej ilości efektów głównych.

Celem podjętych badań było określenie wpływu czterech czynników na wielkość plonu nasion lnu oleistego oraz niektóre cechy strukturalne i morfologiczne roślin.

Material i metody

Ścisłe doświadczenie polowe przeprowadzono w roku 1999 w Stacji Doświadczalnej Katedry Szczegółowej Uprawy Roślin, zlokalizowanej w miejscowości Prusy położonej 18 km od Krakowa w kierunku północno-wschodnim. Glebę pola doświadczalnego stanowił zdegradowany czarnoziem wytworzony z lessu i zaliczany do kompleksu pszennego bardzo dobrego, I klasy bonitacyjnej. W warstwie ornej gleba zawierała 1,22% C, 0,21% N, a stosunek C/N wyniósł 5,8. Odczyn gleby był zbliżony do obojętnego ponieważ pH_{KCl} wynosił 5,9, a zawartość przyswajalnych form fosforu wynosiła P_2O_5 — 15,74, potasu K_2O — 12,78, a magnezu MgO — 4,72. Przedplonem dla lnu oleistego odmiany Opal były ziemniaki średniowczesne (w dalszej części pracy lnu oleisty będzie nazywany lnem). Uprawę gleby i jej przygotowanie do siewu lnu wykonano zgodnie z zasadami poprawnej agrotechniki. Przed siewem lnu (4 kwietnia) zastosowano nawozy fosforowe (superfosfat potrójny) i potasowe (57% sól potasowa) w dawce 48 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ i 72 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ oraz 30 kg N/ha w formie saletry amonowej. Drugą dawkę azotu w analogicznej dawce i formie jak pierwsza, zastosowano w fazie jodełki. Doświadczenie obejmowało 27 obiektów i założono je w trzech blokach. Obiektami pierwszego czynnika były 3 poziomy nawożenia mineralnego NPK : 90, 180 i 270 kg/ha. Drugi czynnik stanowiły trzy gęstości siewu kielkujących nasion lnu: 600, 900 i 1200 sztuk/ m^2 , z których pierwsza nawiązuje do rozwiązań przyjętych w Kanadzie i częściowo w Europie Zachodniej, a najwyższa ilość wysiewu znajduje umocowanie w zaleceniach węgierskich. Rozstaw rzędów wynosił 15 cm. Udział azotu w dawce nawozowej, wynoszący: 1, 1,2 i 1,4 stanowił trzeci czynniki badawczy, a o przyjęciu zróżnicowanego udziału tego pierwiastka decydowała jego rola we wzroście lnu. Czwarty czynnik obejmował nalistne stosowanie Promalinu (w dawce 3 l/ha) jako retardanta wzrostu pod koniec fazy jodełki celem ograniczenia wzrostu łodyg i stymulowania wykształcania odgałęzień bocznych, zakończonych torebkami nasiennymi. W fazie pąkowania lnu zastosowano Tytanit, jako mikroelementowy nawóz dolistny, celem zwiększenia masy 1000 nasion lnu.

W okresie kolejnych faz rozwojowych pobierano po 10 roślin lnu do analiz biometrycznych dotyczących liczby i powierzchni liści pędu, w tych okresach ustalono również zagęszczenie pędów na losowo wybranych powierzchniach obejmujących 0,5 m². Rośliny te posłużyły do określenia występowania chorób w tych fazach rozwojowych, zgodnie z metodyką podaną w pracy Mercera i in. (1994), z których niektóre wystąpiły pod koniec wegetacji lnu.

W okresie dojrzałości żółtej pobrano losowo rośliny z każdego poletka do określenia elementów struktury plonu nasion lnu, w oparciu o pomiary 10 sztuk. W tej fazie przeprowadzono desykację roślin przy użyciu preparatu Reglone, stosując 4 l/ha w dawce 300 l wody. W czasie dojrzałości pełnej roślin lnu przeprowadzono ich zbiór (26 sierpnia) przy pomocy kombajnu poletkowego, a w zebranym plonie z każdego poletka oznaczono udział zanieczyszczeń, zawartość wody i masę 1000 nasion, a plon nasion podano przy 8% zawartości wody. W pracy zrezygnowano z omówienia warunków meteorologicznych, ponieważ wzrost roślin przebiegał bez zakłóceń.

Analizę wyników doświadczenia wykonano z wykorzystaniem programu Statistica, przyjmując za błąd doświadczenia zsumowany efekt współdziałań wyższych rzędów. Ze względu na małe rozpowszechnienie przyjętej procedury doświadczalnej, przedstawione zostało podejście statystyczne, użyte do analizy uzyskanych wyników. Procedura obliczeniowa przyjęta w tej metodzie zostanie przedstawiona w oparciu o przykład analizy wariancji dla plonu nasion pojedynczej rośliny lnu, a jej wyniki przedstawia tabela 1, dane w niej zamieszczone informują o istotności lub jej braku w odniesieniu do efektów głównych (czynniki) i ich współdziałań drugiego stopnia.

Omówienie wyników i dyskusja

Powierzchnię liści pędu głównego i łanu lnu przedstawiono w tabeli 2, ograniczając ją tylko do trzech ilości wysiewu i średniego poziomu nawożenia mineralnego. Wielkość powierzchni liści pędu była istotnie zróżnicowana, poczynając od fazy kwitnienia lnu. Najmniejsza ilość wysiewu lnu prowadziła do wykształcenia przez pędy istotnie większej powierzchni w porównaniu do bardziej zagęszczonego siewu, co było zgodne z oczekiwaniem. Z kolei szybsze dojrzewanie łanu lnu, rzadziej wysianego, spowodowało że w fazie dojrzałości zielonej pędy miały znacznie mniejszą powierzchnię liści. Zbiorcza powierzchnia liści łanu lnu, poczynając od fazy pąkowania osiągnęła znaczną wielkość, a to umożliwiło roślinom znaczne absorbowanie energii promieniowania fotosyntetycznie czynnego. Z dużą powierzchnią liści łanu lnu gęściej sianego korespondowało niestety zwiększone wyleganie, prowadzące do przedłużenia okresu wegetacji i utrudnienia zbioru.

Tabela 1

Przykład analizy wariancji wykonanej programem Statistica według planu Boxa-Behnkena 3^{4-1} – 27 poletek rozlosowanych w 3 blokach niekompletnych, w odniesieniu do plonu nasion z 1 rośliny — *An example of analysis of variance carried out using Statistica programme according to Box and Behnken's plan – 27 plots in 3 uncompleted randomised blocks for single plant yield*

| Źródło zmienności <i>Source</i> | Suma kwadratów <i>Sum of square</i> | Stopnie swobody <i>Degree freedom</i> | Średni kwadrat <i>Mean square</i> | Wartość F obl. <i>Value of F calculate</i> | Prawdopodobieństwo <i>Probability P</i> |
|---|--|--|--------------------------------------|---|--|
| Bloki — <i>Blocks</i> | 0,6620 | 2 | 0,3310 | 2,9065 | 0,101 |
| Czynnik — <i>Factors</i> | | | | | |
| 1 — nawożenie NPK — <i>NPK-fertilization</i> | 0,4145 | 2 | 0,2073 | 1,8203 | 0,212 |
| 2 — gęstość siewu — <i>sowing density</i> | 0,1197 | 2 | 0,0598 | 0,5255 | 0,607 |
| 3 — udział azotu w dawce <i>share of nitrogen in fertilizer dose</i> | 0,6631 | 2 | 0,3315 | 2,9112 | 0,101 |
| 4 — nalistne stosowanie — <i>foliar application</i> | 1,1120 | 2 | 0,5560 | 4,8824* | 0,033* |
| Współdziałanie — <i>Interaction</i> | | | | | |
| 1 × 2 | 1,2882 | 1 | 1,2882 | 11,3112* | 0,007* |
| 1 × 3 | 0,2256 | 1 | 0,2256 | 1,9812 | 0,189 |
| 1 × 4 | 0,0625 | 1 | 0,0625 | 0,5488 | 0,475 |
| 2 × 3 | 0,1764 | 1 | 0,1764 | 1,5489 | 0,242 |
| 2 × 4 | 0,3844 | 1 | 0,3844 | 3,3754 | 0,096 |
| 3 × 4 | 0,0400 | 1 | 0,0400 | 0,3512 | 0,567 |
| Błąd — <i>Error</i> | 1,1388 | 10 | 0,1139 | | |
| Całkowita — <i>Total</i> | 6,3147 | 26 | | | |

Tabela 2

Kształtowanie się powierzchni liści pędu i łanu lnu oleistego w charakterystycznych fazach rozwojowych w zależności od gęstości siewu — *Formation of the area of linseed shoot leaf and stand at specific development phases depending on sowing density*

| Cechy <i>Traits</i> | Gęstość siewu [szt./m ²] <i>Sowing density</i> [pcs/m ²] | Fazy rozwojowe — <i>Growth stages</i> | | | |
|---|---|--|-----------------------------|--------------------------------|--|
| | | faza wegetatywna <i>vegetative</i> <i>phase</i> | pąkowanie <i>budding</i> | kwitnienie <i>flowering</i> | dojrzałość zielona <i>green maturity</i> |
| Powierzchnia liści pędu <i>Shoot leaf area</i> [cm ²] | 600 | 3,51 | 41,36 | 86,42 b** | 23,03 a |
| | 900 | 3,40 | 33,69 | 60,06 a | 57,95 b |
| | 1200 | 3,37 | 34,31 | 65,47 ab | 52,87 ab |
| Powierzchnia liści łanu <i>Leaf area index</i> [m ² .m ⁻²] | 600 | 0,17 | 2,08 | 4,20 | 1,12 |
| | 900 | 0,23 | 2,37 | 4,22 | 3,91 |
| | 1200 | 0,28 | 2,96 | 5,50 | 4,44 |
| Wyleganie — <i>Lodging*</i> | 600 | 9 | 9 | 9 | 7,5 |
| | 900 | 9 | 9 | 7 | 4,9 |
| | 1200 | 9 | 9 | 5 | 3,2 |

* 9 = prosty — *erect*, 0 = całkowicie wylegnięty — *lodged*

** Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie

Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

Wielkość i strukturę plonu nasion lnu przedstawiono w tabeli 3. Istotny wpływ na plonowanie lnu wywarł udział azotu w dawce nawozowej, a najwyższe plonowanie wystąpiło przy najmniejszym udziale tego pierwiastka, wynoszącym 1,0. Zwiększanie udziału azotu nie prowadziło do wzrostu plonu nasion, co należy odnieść do znaczenia fosforu i potasu jako ważnych pierwiastków pokarmowych dla lnu. Na tym tle bardzo zastanawiający jest brak skuteczności zwiększonego nawożenia mineralnego, jako czynnika plonotwórczego w uprawie lnu.

Wzrastające ilości wysiewu nasion lnu spowodowały zwiększenie plonu, który można określić tylko jako tendencję. W tym miejscu należy wysunąć sugestię mniejszej ilości siewu lnu, w granicach 500–600 sztuk kiełkujących nasion na 1 m², jako nieuzasadnioną w warunkach Polski, chociaż jest to praktykowane w Kanadzie (Saeidi i Rowland 1999) oraz Europie (Casa i in. 1999, a także Aufhammer i in. 2000). Normy płynące z zaleceń węgierskich, odnośnie ilości siewu (Anonim 1999), polecające wysiew nasion lnu w granicach 100 kg/ha, co odpowiada powyżej 1200 nasion na 1 m², należy odrzucić jako zbyt wysokie dla Polski, ponieważ prowokują zwiększone wyleganie łanu lnu przed zbiorem. W stosunku do plonowania obiektu kontrolnego (oprysk wodą destylowaną) nalistne stosowanie Tytanitu zwiększyło plon nasion, aczkolwiek przyrost był niewielki i dlatego statystycznie pozostał nieudowodniony. Kształtowanie się współczynnika plonowania nie zależało od oddziaływania żadnego z badanych czynników.

Tabela 3

Plonowanie lnu oleistego oraz elementy struktury plonu nasion w zależności od czterech czynników doświadczenia
Crop yield of linseed and yield components depending on four experimental factors

| Cechy <i>Traits</i> | Poziom czynnika <i>Factor level</i> | Czynniki doświadczenia — <i>Experiment factors</i> | | | |
|---|---|--|--|--|--|
| | | nawożenie <i>fertilization</i> [kg NPK/ha] | gęstość siewu <i>sowing density</i> | udział N w dawce nawozowej <i>share N in fertilizer dose</i> | nalistne stosowanie <i>foliar application</i> |
| Plon nasion <i>Seed yield</i> [t/ha] | 1 | 90–2,17 | 600–2,09 | 1,0–2,35 b* | kontrola 2,11 |
| | 2 | 180–2,11 | 900–2,13 | 1,2–2,14 ab | Tytanit 2,18 |
| | 3 | 270–2,18 | 1200–2,21 | 1,4–1,94 a | Promalin 2,07 |
| Wskaźnik plonowania <i>Harvest index</i> | 1 | 0,45 | 0,42 | 0,44 | 0,42 |
| | 2 | 0,43 | 0,45 | 0,42 | 0,43 |
| | 3 | 0,44 | 0,41 | 0,46 | 0,45 |
| Liczba torebek na 1 pędzie <i>Number capsules per stem</i> | 1 | 18,97 | 19,88 | 20,13 | 21,85 |
| | 2 | 22,09 | 21,49 | 22,47 | 18,59 |
| | 3 | 20,03 | 20,63 | 17,92 | 25,92 |
| Nasion w torebce <i>Seed capsule</i> | 1 | 5,46 | 5,25 | 5,77 | 4,84 |
| | 2 | 5,28 | 5,44 | 5,22 | 5,41 |
| | 3 | 5,47 | 5,28 | 5,30 | 5,77 |
| Masa 1000 nasion [g] <i>1000 seed weight</i> | 1 | 8,30 | 7,96 | 8,53 | 8,25 |
| | 2 | 8,42 | 8,58 | 8,41 | 8,54 |
| | 3 | 8,48 | 8,42 | 8,29 | 8,25 |

* — Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

Należy podkreślić fakt, że wartości tej cechy pośredniej były wysokie, co oznacza, że udział nasion w ogólnym plonie biomasy był znaczący. W badaniach przeprowadzonych przez Casa i in. (1999) wartości tej cechy wahały się od 0,225 do 0,461 i zależały głównie od roku uprawy, natomiast wpływ wywołany gęstością wysiewu był na ogół nieukierunkowany. Niższe wartości (od 0,29 do 0,31) w odniesieniu do wskaźnika plonowania lnu podają Aufhammer i in. (2000), zależnie od dawki azotu, która nieznacznie zwiększała jego wartość w porównaniu do obiektu bez nawożenia azotem. Najwyższe wartości wskaźnika plonowania (0,571) uzyskali Marshall i in. (1989) prowadząc badania z lnem w części preriowej stanu Manitoba (Kanada).

Liczba torebek na pędzie lnu była cechą stabilną i nie różnicowały jej istotnie badane czynniki. Należy dodać, że liczba torebek na pędzie w doświadczeniu osiągnęła prawie dwa razy wyższe wartości w porównaniu do danych podanych z publikacji Casa i in. (1999).

Również liczba nasion w torebce nie podlegała zmianom w wyniku oddziaływania badanych czynników doświadczalnych, a wymiar tej cechy był na bardzo zbliżonym poziomie jak w pracy Casa i in. (1999). W większości prac omawiających len brak jest wzmianek odnośnie wymiarów tych cech, stąd trudna konfrontacja wyników badań własnych z innymi pozycjami piśmiennictwa. Masa 1000 nasion w referowanej pracy jest stosunkowo wysoka, a istotnie tę cechę zmieniały przyjęte gęstości siewu. Wzrost wartości tej cechy przy zwiększonej ilości wysiewu można wytłumaczyć wystąpieniem chorób (głównie *Phoma exigua*) w lnem wysianym w najmniejszej ilości i przypuszczalnie ten czynnik ograniczył wielkość i masę nasion w tym obiekcie.

Wykształcanie bocznych rozgałęzień przez pędy główne lnu (porównywalne z krzewieniem się zbóż), nie zależało od oddziaływania badanych czynników (tab. 4). Cecha ta może prowadzić do samoregulacji lnu, jednak w niewielkim zakresie, dlatego o zagęszczeniu łąnu decydować będzie ilość wysiewu nasion. Badane w doświadczeniu czynniki nie różnicowały istotnie wysokości roślin lnu. Promalin jako regulator wzrostu polecany dla roślin dwuliściennych przez jego producenta, nie wykazał hamującego oddziaływania na wzrost łodyg, a w konsekwencji na ich końcową wysokość, stąd tego preparatu nie należy zalecać do ograniczania wysokości roślin lnu. Maddens (1989) do hamowania wzrostu lnu poleca następujące substancje czynne: etefon i mieszanek etefonu i chlorku mepiquatu, znajdujące się w preparatach handlowych „Cerone” i „Terpal”. Masa nasion z 1 rośliny również nie podlegała wpływowi badanych czynników, chociaż pod wpływem stosowania Promalinu nastąpił wzrost wartości tej cechy, w wyniku zwiększenia liczby odgałęzień bocznych, wyrastających w górnej części pędu.

Tabela 4

Krzewienie produkcyjne, wysokość roślin oraz masa nasion z 1 pędu lnu oleistego w zależności od czynników doświadczenia
Productive tillering, plant height and seed weight per 1 linseed shoot depending on the experimental factors

| Cechy <i>Traits</i> | Poziom czynnika <i>Factor level</i> | Czynniki doświadczenia — <i>Experiment factors</i> | | | |
|---|---|--|--|--|--|
| | | nawożenie <i>fertilization</i> [kg NPK/ha] | gęstość siewu <i>sowing density</i> | udział N w dawce nawozowej <i>share N in fertilizer dose</i> | nalistne stosowanie <i>foliar application</i> |
| Krzewienie produkcyjne <i>Productivity tillering</i> [sztuk — <i>pieces</i>] | 1 | 90–1,13 * | 600–1,31 | 1,0–1,13 | Kontrola 1,20 |
| | 2 | 180–1,25 | 900–1,20 | 1,2–1,28 | Tytanit –1,19 |
| | 3 | 270–1,23 | 1200–1,18 | 1,4–1,15 | Promalin 1,31 |
| Wysokość roślin <i>Plant height</i> [mm] | 1 | 686 | 665 | 694 | 684 |
| | 2 | 681 | 682 | 685 | 669 |
| | 3 | 665 | 684 | 647 | 698 |
| Masa nasion z 1 pędu <i>Seed yield per stem</i> | 1 | 1,01 | 1,25 | 1,21 | 1,02 |
| | 2 | 1,28 | 1,20 | 1,29 | 1,10 |
| | 3 | 1,16 | 1,12 | 0,93 | 1,61 |

* — Wartości danej cechy oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie
Values of the given trait denoted by the same letter do not differ significantly

W ślad za małymi zmianami w wymiarze komponentów struktury plonu nasion lnu w wyniku oddziaływania badanych czynników doświadczenia, również korelacje proste zachodzące pomiędzy plonem nasion lnu a jego cechami strukturalnymi były w większości słabe lub umiarkowane (tab. 5). Najsilniej, i zarazem ujemnie z plonem nasion było skorelowane krzewienie się lnu ($r = -0,48$), co dowodzi, że pędy boczne wykształcane w dużych ilościach nie powodują przyrostu plonu w podobnym stopniu co pędy główne. Również ujemnie z plonem nasion lnu był skorelowany plon nasion z pojedynczej rośliny ($r = -0,33$), co można interpretować tym, że wysoko produktywne rośliny, rosnące w mniejszym zagęszczeniu nie są w stanie kompensować braku obsady roślin.

Tabela 5
Macierz współczynników korelacji prostej (r) pomiędzy plonem nasion lnu oleistego a cechami strukturalnymi i morfologicznymi — *Matrix of simple correlation coefficients (r) between linseed yield and its structural and morphological traits*

| Cechy — Traits | Zmienne — Variables | | | | | | | |
|--|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | x ₁ | x ₂ | x ₃ | x ₄ | x ₅ | x ₆ | x ₇ | x ₈ |
| x ₁ plon nasion [t/ha] <i>seed yield</i> | 1 | | | | | | | |
| x ₂ masa 1000 nasion [g] <i>seed weight</i> | 0,25 | 1 | | | | | | |
| x ₃ liczba torebek na 1 pędzie <i>number capsules per stem</i> | -0,23 | -0,11 | 1 | | | | | |
| x ₄ nasion w torebce <i>seed capsule</i> | 0,04 | 0,23 | 0,05 | 1 | | | | |
| x ₅ masa nasion z 1 pędu <i>seed yield per stem</i> | -0,33 | -0,05 | 0,75** | 0,47* | 1 | | | |
| x ₆ krzewienie produkcyjne <i>productivity tillering</i> | -0,48** | -0,34* | 0,26 | 0,13 | 0,67** | 1 | | |
| x ₇ wskaźnik plonowania <i>harvest index</i> | 0,13 | 0,25 | 0,01 | 0,25 | -0,11 | -0,32 | 1 | |
| x ₈ wysokość roślin [mm] <i>plant height</i> | -0,11 | 0,07 | 0,47* | -0,06 | 0,30 | 0,07 | -0,14 | 1 |

* — istotne przy poziomie $\alpha < 0,05$ — *significant at the level $\alpha < 0.05$*

** — istotne przy poziomie $\alpha < 0,01$ — *significant at the level $\alpha < 0.01$*

Wnioski

1. Plon nasion lnu oleistego odmiany Opal wahał się w granicach 1,94–2,21 t/ha. Spośród badanych czynników istotny wpływ na jego wysokość wywarł udział azotu w dawce nawozowej. Brak istotnego zróżnicowania plonu nasion, zwłaszcza w obrębie nawożenia NPK oraz gęstości siewu, przemawia za stosowaniem ich niższych poziomów przy uprawie lnu na czarnoziemie zdegradowanym.
2. Poszczególne komponenty struktury plonu nasion lnu nie uległy istotnemu zróżnicowaniu pod wpływem porównywanych czynników agrotechnicznych, co dowodzi ich dużej zmienności i zarazem plastyczności tego gatunku na czynniki zewnętrzne.
3. Obliczone współczynniki korelacji prostej dla plonu nasion lnu i jego komponentów strukturalnych informują o słabym powiązaniu tych cech.

Conclusion

1. The yield of Opal cv. linseed ranged between 1.94 and 2.21 t/ha. Among the tested factors nitrogen share in the fertiliser dose considerably affected its amount. A lack of significant diversification in the seed yield, particularly on the NPK treatment, or sowing density recommends application of their lower levels at linseed cultivation on degraded chernozem.
2. Linseed yield components were not diversified significantly as the effect of studied agro technical factors.
3. Calculated simple correlation coefficients for the linseed yield and its components reveal a weak relationship among these features.

Literatura

- Appel R.S.W. 1991. The linseed market in the United Kingdom. *Aspcets Appl. Biol.* No 28: 1-6.
- Aufhammer W., Wägner W., Kaul H.-P., Kübler E. 2000. Strahlungsnutzung durch Bestände öltreicher Körnerfruchtarten – Winterraps, öllein und Sonnenblume im Vergleich. *J. Agronomy & Crop Sci.*, 184: 277-286.
- FAO 1998. FAOSTAT Database. <http://apps.fao.org>.
- Gambuś H., Gambuś F., Borowiec F., Zając T. 1999. Możliwość zastosowania nasion lnu oleistego w piekarstwie. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie*, 360, *Technologia Żywności*, 11: 83-94.
- Gilbertson O.H.G. 1990. Linseed (seed flax). *Outlook on Agriculture*, 19: 243-249.

- Horodyski A., Sokołowski J. 1964. Wpływ rozstawy rzędów i ilości wysiewu na plon nasion lnu oleistego. Pam. Puł., 15: 123-131.
- Maddens K. 1989. Weed and lodging control strategies. W: FLAX: Breeding and Utilisation Kluwer academic publishers: 71-80.
- Marshall G., Morrison I.N., Nawolsky K. 1989. Studies on the physiology of *Linum usitatissimum* L.; The application of mathematical growth analysis. W: FLAX: Breeding and Utilisation, Kluwer academic publishers: 39-47.
- Mercer P.C., Hardwick N.V., Fitt B.D.L., Sweet J.B. 1994. Diseases of linseed in the United Kingdom. Plant Varieties and Seeds, 7: 135-150.
- Pawelec T. 1998. Uprawa lnu na ziemiach polskich. Postępy Nauk Rol., 6: 51-64.
- Sahi F.H., Leitch M. 1994. Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) – products and uses. Journ. Agric. Soc., 74: 95-104.
- Stand J., Ondrej M., Smirous P. 1996. Olejny len. Nove Smery v pestovani a vyuziti. 1996. Metod. Pro Zemed. Praxi. Ustav Zemed. A Potrav. Inf. Praha. No. 7: 32.
- Stasiniewicz T., Krawczyk K., Strzetelski J., Bilik K. 2000. Wpływ zwiększonego udziału tłuszczu roślinnego w zbilansowanych dawkach pokarmowych dla opasanych buhajków na wyniki produkcyjne i wartość dietetyczną mięsa. Rocz. Nauk. Zoot. Supl. 6: 118-122.
- Wałkowski T., Ladek A., Piotrowska A. 1998. Len oleisty. IHAR Poznań.