

¹ Katedra Agrotechnologii, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
ul. Kordeckiego 20, 85-225 Bydgoszcz, e-mail: jadwiga.andrzejewska@utp.edu.pl

² Department of Agronomy, University of Wisconsin-Madison, 1575 Linden Drive, Madison
WI 53706-1597, USA, e-mail: kaalbrec@wisc.edu

³ Department of Agronomy and Plant Genetics, University of Minnesota, 1991 Upper Buford
Circle, 411 Borlaug Hall, St. Paul, MN 55108-6026, USA, e-mail: mkazula@umn.edu

KSENIA DRZAŹDŹYŃSKA¹, JADWIGA ANDRZEJEWSKA¹,
KENNETH ADRIAN ALBRECHT², MACIEJ JERZY KAZULA³

**Wieloletnie bobowate rośliny pastewne
w Ameryce Północnej: osiągnięcia i wyzwania nauki
Praca przeglądowa**

Perennial legume fodder crops in North America: research progress
and challenges. A review

Streszczenie. W USA lucerna zajmuje wśród roślin rolniczych czwarte miejsce pod względem powierzchni uprawy. Hodowla nowych odmian ma na celu zwiększenie odporności na patogeny i suszę, a także poprawę jakości paszy przy zachowaniu wysokiego poziomu plonowania. Na etapie testów jest genetycznie modyfikowana (GM) odmiana lucerny o obniżonej zawartości lignin. Dostępna jest też podobna odmiana, ale uzyskana metodami konwencjonalnymi. Oceniana jest przydatność gatunków i odmian traw do dwuskładnikowych mieszanek z lucerną, w tym odmian lucerny o obniżonej zawartości lignin. Rozpoczęto badania nad wykorzystaniem urządzeń teledetekcyjnych do monitorowania jakości paszy podczas wegetacji lucerny. Wprowadzenie do uprawy odmian lucerny odpornych na glifosat daje możliwość wsiewania ich w kukurydzę. Opracowano matematyczny model oceniający prawdopodobieństwo rozprzestrzeniania się genu warunkującego odporność na glifosat, co ma umożliwić koegzystencję odmian konwencjonalnych i GM. Podstawowymi zadaniami w zakresie zwiększenia znaczenia koniczyny jest wydłużenie okresu użytkowania koniczyny czerwonej oraz rozszerzenie arealu uprawy koniczyny kaukaskiej.

Słowa kluczowe: lucerna, koniczyna, odmiany GM, obniżona zawartość lignin, hodowla odpornościowa

WSTĘP

W Ameryce Północnej, a zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych najważniejszym wieloletnim gatunkiem z rodziny Fabaceae uprawianym na cele pastewne jest lucerna siewna

(*Medicago sativa* L.). W USA lucerna siewna zajmuje pod względem powierzchni czwarte miejsce wśród roślin rolniczych. W 2014 r. powierzchnia ta wynosiła 7,44 mln ha, a w 2016 r. 6,83 mln ha [USDA 2017]. W Kanadzie areał uprawy lucerny wynosi 3,7 mln ha [Statistics Canada 2017]. Spośród pozostałych gatunków ugrunтовaną pozycję gospodarczą ma także koniczyna czerwona (*Trifolium pratense* L.) [Taylor 1985]. Rośnące znaczenie ma wprowadzana do uprawy koniczyna kaukaska (*Trifolium ambiguum* Bieb., ang. Caucasian clover, kura clover) [Riday i Albrecht 2010]. Przedmiotem zainteresowania, głównie ze strony nauk podstawowych, jest *Medicago truncatula* Gaertn. Ze względu na takie cechy, jak diploidalność, samopylność, szybki rozwój jednego pokolenia, wysokie plony nasion, gatunek ten jest modelowym obiektem do badań nad biologią roślin bobowatych [Jayaraman i in. 2014, Nguyen i in. 2015, Marx i in. 2016].

Interesujące jest, że wszystkie ważne gospodarczo rośliny bobowate uprawiane obecnie w Ameryce Północnej są „imigrantami” z Europy i Azji. Takie gatunki jak lucerna siewna, koniczyna czerwona, koniczyna biała, komonica zwyczajna, a ostatnio także koniczyna kaukaska zbudowały fundamenty rozwoju hodowli i chowu bydła oraz przemysłu mleczarskiego w USA. Jednak po wprowadzeniu tych roślin do uprawy okazało się, że są one atakowane nie tylko przez choroby i szkodniki, które dotarły do Ameryki wraz z materiałem siewnym, ale także przez miejscowe patogeny i insekty [Frame i in. 1998].

Duże znaczenie gospodarcze wieloletnich roślin pastewnych, a zwłaszcza lucerny, powoduje, że niezmiennie od lat są one przedmiotem zainteresowania naukowców. Platformę współpracy naukowców i doradców z publicznego i prywatnego sektora stanowi The North American Alfalfa Improvement Conference (NAAIC). Jest to stowarzyszenie, którego działalność obejmuje promowanie i wymianę informacji naukowej na temat ulepszania oraz wykorzystania lucerny i innych wieloletnich gatunków roślin pastewnych przede wszystkim w Ameryce Północnej. W niniejszym artykule na tle opublikowanych już wyników badań przedstawiono realizowane obecnie prace badawcze i ich wstępne wyniki, które dostępne są stronach NAAIC [<https://www.naaic.org>].

Celem pracy jest zaprezentowanie ostatnich osiągnięć dotyczących wieloletnich bobowatych roślin pastewnych, w tym głównie lucerny siewnej oraz koniczyny czerwonej i kaukaskiej, oraz kierunków badań z tego zakresu realizowanych obecnie w USA i Kanadzie.

LUCERNA

W ostatnich latach problematyka badawcza dotycząca lucerny siewnej skupiała się przede wszystkim na hodowli odpornościowej, niektórych elementach agrotechniki i poprawie jakości paszy oraz metodach jej oceny. Po wprowadzeniu do uprawy odmian transgenicznych ważnym celem stało się opracowanie strategii pozwalającej na ich koegzystencję z odmianami tradycyjnymi.

Kierunki hodowli lucerny siewnej

Hodowla odpornościowa. Dotychczas zidentyfikowano wiele genów lucerny warunkujących odporność na abiotyczny i biotyczny stres. W efekcie uzyskano postęp m.in. w zakresie tolerancji na zasolenie, odporności na porażenie przez nicienie (*Meloidogyne*

incognito) i bakteriozę wywoływaną przez *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* [Baldridge i in. 1998, Ghosh i in. 2001, Nemchinov i Postnikova 2016]. Wyzwaniem jest uzyskanie naturalnej odporności na:

– *Phyitium* i *Fusarium* – powodujące butwienie i gnicie siewek, gdyż większość gatunków tych patogenów jest odporna na fungicydy, a stosowanie zmianowania nie poprawia stanu zdrowotnego roślin [Berg i in. 2016];

– *Aphanomyces euteiches* i *Phytophthora medicaginis* – które są główną przyczyną strat roślin w roku siewu, szczególnie w północnych rejonach Kanady na wilgotnych, słabo przewietrzanych i gliniastych glebach [Audy i in. 2016];

– *Colletotrichum trifolii* – będącej przyczyną antraknozy, jednej z ważniejszych chorób nie tylko w USA, ale i na świecie. W rejonach zagrożonych uprawia się obecnie odmiany odporne na patogen, ale ostatnio zidentyfikowano nowe rasy *C. trifolii*, co spowodowało konieczność wznowienia hodowli odpornościowej [Rodgers i in. 2016];

– *Verticillium albo-atrum* – hodowla odpornościowa przeciwko wercyciliozie jest prowadzona od wielu lat, ostatnio także z wykorzystaniem selekcji genotypowej [Yu i in. 2016].

Realizowane są też prace nad wyhodowaniem odmian lucerny odpornych na mączlika ostroskrzydłego (*Bemisia tabaci*), którego szkodliwość wynika z wysysania soków z liści [Nedley i in. 2016].

W przeszłości hodowla odmian lucerny przeznaczonych do uprawy w północno-wschodnich rejonach USA skupiała się głównie na poprawie plonowania, odporności na choroby i zwiększeniu zimotrwałości [Hill i in. 1988, Rumbaugh i in. 1988]. Obecnie w związku ze zmianami klimatu zakres ten musi być poszerzony m.in. o odporność na suszę rozumianą jako zdolność do regeneracji po długotrwałym okresie bezdeszczowym i związaną z tym stabilność plonowania. Bazując na wynikach z ostatnich 20 lat, wyselekcjonowano odmiany odpowiadające tym kryteriom w celu włączenia ich do przyszłych programów hodowlanych [Undersander i Picasso 2016].

W Oklahomie wyselekcjonowano formy odporne na suszę spośród kilku podgatunków *M. sativa* (ssp. *sativa*, ssp. *falcata*, ssp. *varia*, ssp. *caerulea*). Są one obecnie testowane w warunkach kontrolowanych i polowych pod kątem stwierdzenia zależności pomiędzy różnymi cechami morfologicznymi i fizjologicznymi a tolerancją na stres suszy [Anower i in. 2016]. Innym rozwiązaniem poprawiającym odporność na suszę może być wprowadzenie do genomu *M. sativa* materiału genetycznego gatunku *Medicago arborea*, co dodatkowo pozwoli także zwiększyć plony nasion lucerny siewnej [Irwin i in. 2016]. *M. arborea* to gatunek, który oprócz tolerancji na niedobór wody wyróżnia się także dużymi nasionami oraz rozrośniętą masą nadziemną [Lefi i in. 2004, Bingham i Irwin 2015].

Zwiększenie poziomu plonowania. Zwiększenie poziomu plonowania to trudny do osiągnięcia cel, a różne metody hodowli nie przynoszą ostatnio oczekiwanych rezultatów. Jednym ze sposobów na przełamanie tej bariery mogą być badania nad architekturą systemu korzeniowego lucerny, zwłaszcza że od tego zależy pobieranie wody i składników pokarmowych, symbioza, zimoodporność i szereg innych cech [Russelle i Lamb 2011]. Wychodząc z założenia, że budowa systemu korzeniowego ma podstawowy wpływ na wiele cech użytkowych rośliny, opracowano metodę szybkiej oceny fenotypowej architektury systemu korzeniowego lucerny. Wyodrębniono linie lucerny o skrajnie odmiennej budowie, tzw. tap-root, czyli o silnie zbudowanym korzeniu palowym i tzw.

branched, czyli o silnie rozbudowanych korzeniach bocznych. Podstawową cechą różniącą te dwa typy jest liczba i długość korzeni trzeciego rzędu. Jedną z istotnych różnic pomiędzy oboma typami była mniejsza liczba brodawek korzeniowych na roślinach typu tap-root. Zakłada się, że ten kierunek prac hodowlanych przyczyni się do podniesienia plonów i trwałości lucerny Bucciarelli i in. 2016, Hernandez i in. 2016, Samac i in. 2016].

Odmiany lucerny wcześniej wchodzące w spoczynek zimowy (fall dormant) są zwykle zimotrwałe [Cunningham i in. 2001]. Osiągnięciem hodowli byłoby przeniesienie cechy zimotrwałości na odmiany nieprzechodzące spoczynku (non-dormant). Pozwoliłoby to na całoroczne pozyskiwanie paszy, zwłaszcza w rejonach o dużych opadach i łagodnych zimach (południowo-wschodnia część USA). Pierwsze wyniki prac hodowlanych sugerują, że osiągnięcie tego celu będzie możliwe i to z wykorzystaniem konwencjonalnych metod hodowli [Adhikari i Missaoui 2016, Munjal i in. 2016].

Złożona struktura genetyczna lucerny uniemożliwia wykorzystanie efektu heterozji [McCoy i Bingham 1988]. Powstała koncepcja badań nad półmieszańcami, czyli częściowego wykorzystania zjawiska heterozji. Strategia oparta jest na krzyżowaniu wewnątrz populacji, co pozwala wyeliminować potrzebę rozwoju linii wsobnych. Idea ta jest rozwijana równoległe w Stanach Zjednoczonych i w Europie [Milić i in. 2016].

Inne kierunki hodowli. Przeanalizowano materiał genetyczny *M. truncatula* i *M. sativa* pod kątem adaptacji do środowiska o niskiej dostępności fosforu i stwierdzono znaczne zróżnicowanie w zakresie spadku plonu pędów i korzeni. Badania takie są prowadzone w związku z przewidywaniami dotyczącymi limitowania produkcji nawozów fosforowych, wynikających z faktu, że fosfor jest nieodnawialnym składnikiem Ziemi [Cazenave i in. 2016].

Genetycznie modyfikowane odmiany uprawne

Lucerna jest pierwszą wieloletnią rośliną pastewną, w przypadku której metodami inżynierii genetycznej uzyskano odmiany odporne na glifosat i wprowadzono je do uprawy [Alexander i in. 2007, Glaspie i in. 2011]. Na etapie testów polowych jest odmiana o obniżonej zawartości lignin (opisana w podrozdziale dotyczącym jakości paszy). Ze względu na to, że lucerna jest gatunkiem owadopylnym, potrzebna jest strategia koegzystencji odmian tradycyjnych i zmienionych genetycznie [Alexander i in. 2007, Brunet i Stewart 2010]. Opracowano matematyczny model odzwierciedlający prawdopodobieństwo rozprzestrzeniania się genu warunkującego odporność na glifosat. Model ten uwzględnia odległość upraw z odmianami tradycyjnymi od pola z odmianą GM, odległość od roślin dziko rosnących, obecność owadów zapylających, wysokość nad poziomem morza i skłon pola. Jeżeli odległość od pola z odmianą GM wynosi 330 m, to ok. 95% prób będzie miało poziom wykrywalności poniżej 0,9%, ale przy odległości 2441 m ok. 95% prób będzie poniżej 0,1% poziomu wykrywalności badanego genu. Nie odnotowano obecności transgenicznego genu w uprawach lucerny uprawianej w pobliżu dziko rosnących roślin lucerny [Kesoju i in. 2016].

Wykorzystując trzy gatunki zapylaczy (*Apis mellifera*, *Bombus impatiens*, *Megachile rotundata*), udowodniono, że wraz ze zwiększeniem liczby kwiatów w kwiatostanie i kwiatostanów na roślinie wzrasta stopień samozapylenia lucerny. Konsekwencją może być zmniejszenie poziomu heterozygotyczności w obrębie populacji oraz wzrost genetycznego zróżnicowania pomiędzy populacjami. Badano kierunki i odległości lotów tych

owadów. *A. mellifera* preferuje stałe kierunki, natomiast dwa pozostałe gatunki poruszają się w różnych kierunkach. Biorąc jednak pod uwagę także inne elementy, jak np. odległość między roślinami i liczbę odwiedzanych kwiatów, uznano, że największe ryzyko przenoszenia genów stwarza *B. impatiens*, a w dalszej kolejności *A. mellifera* i *M. rotundata*. Zakłada się, że tego typu badania pozwolą na koegzystencję odmian tradycyjnych i GM [Brunet i in. 2016, Castro i in. 2016, Santa-Martinez i Brunet 2016].

Agrotechnika lucerny

Uprawa jednogatunkowa. Dominującą grupę w ryzosferze lucerny stanowią bakterie z klasy Alphaproteobacteria (21% wszystkich taksonów), do której należą wiążące azot atmosferyczny bakterie *Sinorhizobium*. Pozostałe klasy to Actinobacteria (21% ogólnej liczby taksonów), Acidobacteria (9%) i Gammaproteobacteria (9%). Właściwości gleby są głównym czynnikiem kształtującym skład mikroorganizmów ryzosfery lucerny. Wykazano, że szczepy bakterii *Sinorhizobium meliloti* bytujące w glebach pod uprawami lucerny są bardzo konkurencyjne w stosunku do wysokoaktywnych ras *S. meliloti* wprowadzanych w preparatach do szczepienia nasion [Cao i in. 2016, Klatt i in. 2016].

W Stanach Zjednoczonych na obszarze tzw. Corn Belt w ostatnich dwóch dekadach najczęściej uprawia się kukurydzę w monokulturze albo zamiennie z soją. Na znaczeniu traci natomiast lucerna, a głównym powodem są gorsze w porównaniu z kukurydzą plony, zwłaszcza w roku siewu [Berti i Lukaschewski 2016]. Obecnie, kiedy dostępne są odmiany lucerny odporne na glifosat, uzasadnione może być wykorzystanie kukurydzy jako rośliny ochronnej dla wsiewki lucerny [Liebman i in. 2012]. Zakłada się też, że stosowanie regulatora wzrostu (*prohexadione-calcium*) poprawi stan i zimowanie roślin. Wyniki badań wskazują, że efekt zależy od odmiany lucerny i lokalizacji badań. Bardziej obiecujące wyniki uzyskano w Północnej Dakocie niż w Wisconsin, co tłumaczy się tym, że na północy okres wegetacji jest krótszy, a rośliny kukurydzy niższe, przez co stwarzają lepsze warunki dla wsiewki lucerny [Berti i Lukaschewski 2016, Grabber i in. 2016]. Inną propozycją jest wprowadzenie do monokulturowej uprawy kukurydzy wyki kosmatej (*Vicia villosa* L.) jako rośliny kumulującej azot i okrywającej glebę w okresie zimowym [Brainard i in. 2012]. Rozpoczęto badania nad doborem zimotrwałych genotypów *V. villosa* [Wiering i in. 2016].

Na etapie suszenia i zbioru z pola siana z lucerny dochodzi do zanieczyszczenia paszy ziemią. Zawartość popiołu w sianie zależy od typu przetrząsaczo-zgrabiarek [Digman i in. 2013]. Najmniejsze zanieczyszczenie (11,1% w porównaniu z 13,6–15,3%) odnotowano przy stosowaniu nowoczesnego rozwiązania (ang. merger). To urządzenie zbiera skoszone rośliny, przenosi na taśmie i składa w przewiewny wał, co zapewnia dosychanie i eliminuje konieczność zgrabiania bezpośrednio przed zbiorem [Neu i in. 2016].

W USA nie tylko koniczyna biała, ale także koniczyna czerwona i lucerna są komponentami mieszanek pastwiskowych [Beck i in. 2015]. Wysoko ocenia się przydatność lucerny, koniczyny czerwonej i białej do wypasu koni. Zwierzęta mają jednakowe preferencje smakowe w stosunku do wszystkich gatunków i według badań pobierały od 72 do 99% dostępnej paszy [Catalano i in. 2016].

Uprawa lucerny w mieszankach. W Ameryce badania nad siewami mieszanymi dotyczą przede wszystkim mieszanek dwuskładnikowych [Cox i in. 2017]. Na pastwiskach nawadnianych najlepsze efekty uzyskano, stosując lucernę, a w drugiej kolejności

komonicę różkową z trawami (*Festuca arundinacea* Schreb., *Dactylis glomerata* L., *Bromus biebersteinii* (Roem. & Schult.)), gdy wysiewane były w proporcji 75:25. We wschodniej części Kanady największą produkcję mleka uzyskano z mieszanki *Lotus corniculatus* L. i *B. biebersteinii* użytkowanej kośnie oraz z mieszanki *Trifolium repens* L. z *B. biebersteinii* lub z *Schedonorus phoenix* (Schreb.) użytkowanej pastwiskowo [Tremblay i in. 2016a, 2016b].

Ważnym gatunkiem trawy stosowanym w USA do mieszanek z lucerną jest kostrzewa trzcinowa (*F. arundinacea*) [Cox i in. 2017]. Na podstawie selekcji pojedynków z upraw mieszanych, a nie jak dotychczas z upraw jednogatunkowych, zainicjowano prace hodowlane nad uzyskaniem odmian *F. arundinacea* szczególnie przydatnych do mieszanek z lucerną [Waldron i Peel 2016].

W związku ze zmianami klimatycznymi prowadzone są symulacje ich wpływu na różne ekosystemy. Opracowano m.in. metodę oceny wpływu wzrostu stężenia dwutlenku węgla w atmosferze na mieszankę lucerny z tymotką. Wykazano, że przy zwiększeniu stężenia CO₂ o 50% plony zwiększały się o 18%, ale jednocześnie pogarszała się jakość paszy, zwłaszcza poprzez istotny przyrost kwaśnej frakcji włókna [Bertrand i in. 2016, Thivierge i in. 2016].

Od wielu lat zagrożeniem dla upraw lucerny w USA jest pluskwiak *Empoasca fabae* Harris (Hemiptera: Cicadellidae) [Sulc i in. 2015]. Testowana jest hipoteza, że uprawa lucerny w mieszankach z trawami może zmniejszyć w porównaniu z siewem jednogatunkowym zakres uszkodzeń powodowanych przez tego szkodnika [Sulc i in. 2016].

Jakość paszy

Rosnąca w USA tendencja do zwiększania powierzchni uprawy kukurydzy i soi, a zmniejszania powierzchni lucerny [USDA 2017] i jej mieszanek z trawami ma negatywny wpływ na środowisko. Wprowadzenie do uprawy transgenicznych odmian lucerny o zmniejszonej w stosunku do odmian tradycyjnych zawartości lignin może nie tylko poprawić strawność paszy, ale także przyczynić się do wzrostu powierzchni uprawy tego gatunku. Pierwszą taką odmianą jest HarvXtra™. Od 2015 r. w kilku stacjach badawczych zlokalizowanych w różnych stanach testowana jest jej wartość gospodarcza. W roku siewu zawartość strawnej frakcji włókna (NDFD) w genetycznie modyfikowanej odmianie była o 10% większa, neutralnej (NDF) o 10% mniejsza, a kwaśnej frakcji ligninowej (ADL) o 18% mniejsza niż w odmianach konwencjonalnych. Dla odmian o obniżonej zawartości lignin potrzebne będzie opracowanie nowych zaleceń dotyczących sposobu ich użytkowania, a zwłaszcza ustalenia terminów zbioru [Cherney i in. 2016, Grev i in. 2016, Parker i in. 2016].

W USA dostępna jest także inna odmiana lucerny (Aflorex HiGest 360) o obniżonej w porównaniu z odmianami tradycyjnymi zawartości lignin, uzyskana drogą hodowli konwencjonalnej [Reich i in. 2016]. Po pierwszym roku badań stwierdzono, że Aflorex HiGest 360 zawiera w paszy od 2 do 12% mniej lignin i od 4 do 14% więcej włókna strawnego (NDFD) niż odmiana tradycyjna. Testowana jest przydatność kostrzewy trzcinowej, kostrzewy łąkowej, kupkówki i festulolium do uprawy z tą odmianą lucerny. Festulolium, chociaż ma bardzo wysoką wartość paszową, okazuje się być zbyt agresywnym komponentem [Cherney i Cherney 2016].

Ważnym parametrem jakościowym decydującym o wykorzystaniu białka paszy przez przeżuwacze jest stosunek cukrów rozpuszczalnych do białka ogólnego. Wykaza-

no, że w mieszankach dwuskładnikowych stosunek ten ma wartość od 0,36 do 0,70, a w mieszankach wieloskładnikowych od 0,64 do 1,04. Rośliny bobowate poprawiały jakość paszy na nawadnianych pastwiskach, ale lucerna w większym stopniu niż komonica zwyczajna czy traganek pęcherzykowaty (*Astragalus cicer* L.) [Peel i in. 2016, Tremblay i in. 2016a, 2016b].

U wysokoprodukcyjnego bydła mlecznego 20–25% energii pochodzi z włókna, a zatem strawność tego składnika może mieć znacznie większy wpływ na wydajność mleczną niż strawność innych składników paszy. *M. sativa* jest gatunkiem obcopolnym, autotetraploidalnym, o bardzo szerokim zakresie zróżnicowania pod względem strawności ścian komórkowych [Teclé i in. 2008]. Potrzebne są metody pozwalające zidentyfikować najlepsze pod tym względem genotypy. Jedną z takich metod jest ocena wydajności enzymatycznej hydrolizy glukozy ze ścian komórkowych roślin lucerny [Claessens i in. 2016].

Termin zbioru lucerny wyznaczany jest w praktyce często za pomocą technik opartych na oznaczeniu fazy dojrzałości i wysokości roślin [Sulc i in. 1997]. W 2014 r. rozpoczęto badania nad wykorzystaniem urządzeń teledetekcyjnych do bieżącej, bezinwazyjnej oceny jakości lucerny (głównie zawartości strawnej frakcji włókna NDFD i białka ogólnego) w czasie jej polowej wegetacji. Perspektywicznie urządzenia te zamontowane na dronach pozwolą precyzyjnie określić najważniejszy termin zbioru lucerny [Noland i in. 2016].

KONICZYNA

W Ameryce koniczyna czerwona (*Trifolium pratense* L.) jest uprawiana głównie w północno-wschodnich stanach USA oraz w Kanadzie [Smith i in. 1985]. Podstawowym problemem użytkowym koniczyny czerwonej jest spadek plonu w drugim roku użytkowania. Zatem głównym celem hodowli tego gatunku jest poprawa plonów i przedłużenie okresu użytkowania do 3 i więcej lat. Obecnie realizowany w USA program hodowli dowodzi, że dla koniczyny czerwonej selekcja genotypowa jest ponadtrzykrotnie bardziej efektywna niż selekcja fenotypowa [Riday 2016].

Bardzo wartościowym i perspektywnym gatunkiem jest koniczyna kaukaska (*Trifolium ambiguum* Bieb.). Uprawę tej rośliny rozpoczęto w USA w latach 90. ubiegłego wieku. Jest to roślina wyjątkowo trwała, przeznaczona przede wszystkim do użytkowania pastwiskowego, ale także kośnego. Jest to też gatunek przydatny do produkcji tzw. żywego mulczu (living mulch) w uprawie kukurydzy. Ten sposób uprawy polega na wsiewaniu kukurydzy w rosnącą koniczynę. Zastosowanie odpowiedniej dawki glifosatu hamuje rozwój koniczyny wiosną i latem, ale jej obecność pozwala prawie w całości pokryć zapotrzebowanie kukurydzy na azot, a ponadto ogranicza erozję gleby i zapobiega wymywaniu azotu. Po sprzęcie kukurydzy odrastająca koniczyna kaukaska może być użytkowana pastwiskowo [Siller i in. 2016]. Wartość gospodarczą tej rośliny testowano także w Polsce [Andrzejewska i in. 2016]. Łączne plony z 3 lub 4 lat użytkowania były mniejsze od plonów lucerny, ale większe niż koniczyny czerwonej czy koniczyny białej. Jakość paszy była porównywalna do paszy z koniczyny białej. Najlepsze plony (7–8 t·ha⁻¹) uzyskiwano w pierwszych trzech latach użytkowania, a potem następowało ich pogorszenie wynikające z porażenia roślin przez *Sclerotinia trifoliorum*.

PODSUMOWANIE

W Ameryce Północnej kierunki i zakres badań nad lucerną determinowane są dużym udziałem tego gatunku w strukturze zasiewów i związaną z tym presją chorób i szkodników oraz z wprowadzaniem do uprawy odmian GM. Uwarunkowania te są zatem odmienne od europejskich. Płaszczyznę współpracy polskich i amerykańskich naukowców stanowią lub stanowią mogą zagadnienia dotyczące metod oceny jakości paszy, pastwiskowego wykorzystania lucerny, ograniczenia strat jakościowych w czasie zbioru. Ze względu na prowadzoną w Polsce hodowlę odmian koniczyny czerwonej wspólnym celem może być dążenie do przedłużenia okresu użytkowania tego gatunku. Potencjał paszowy *T. ambiguum* ma szanse na wykorzystanie także w naszym kraju, ale konieczne jest najpierw uzyskanie form odpornych na *S. trifoliorum*.

PIŚMIENNICTWO

- Adhikari L., Missaoui A., 2016. Genetic variation in cold tolerance and dormancy in a bi-parental segregating population derived from a wide dormancy cross, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Ali%20Missaoui%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Alexander T.W., Reuter T., McAllister T.A., 2007. Qualitative and quantitative polymerase chain reaction assays for an alfalfa (*Medicago sativa*) – specific reference gene to use in monitoring transgenic cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 55(8), 2918–2922.
- Andrzejewska J., Contreras-Govea F.E., Pastuszka A., Albrecht K.A., 2016. Performance of Kura clover compared to that of perennial forage legumes traditionally cultivated in central Europe. *Acta Agric. Scand. B Soil Plant Sci.* 66(6), 516–522.
- Anower M.R., Motes C.M., Monteros M.J., 2016. Selection of Drought Tolerance in Alfalfa using Real-Time Drought Monitoring Techniques, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/M%20Rokebul%20Anower%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Audy P., Claessens A., Castonguay Y., 2016. Aphanomyces and Phytophthora Root Rots; development of molecular markers associated with tolerance in alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Patrice%20Audy%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Baldrige G.D., O'Neill N.R., Samac D.A., 1998. Alfalfa (*Medicago sativa* L.) resistance to the root-lesion nematode, *Pratylenchus penetrans*: defense-response gene mRNA and isoflavonoid phytoalexin levels in roots. *Plant Molecul. Biol.* 38, 999–1010.
- Beck P., Hess T., Hubbell D., Gadberry M.S., Jennings J., Sims M., 2017. Replacing synthetic N with clovers or alfalfa in bermudagrass pastures. 2. Herbage nutritive value for growing beef steers. *Anim. Prod. Sci.* 57(3), 547–555.
- Berg L.E., Miller S.S., Dornbusch M.R., Radmer L., Samac D.A., 2016. *Pythium* and *Fusarium* species causing seed rot and damping-off of alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Deborah%20Samac%20Abstract%202.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Berti M., Lukaschewski J., 2016. Alfalfa and silage corn interseeding in North Dakota, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Marisol%20Berti%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Bertrand A., Messerli J., Jégo G., Tremblay G., Bélanger G., Seguin P., 2016. Response of an alfalfa-timothy mixture grown in open-top chambers, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Annick%20Bertrand%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).

- Bingham E., Irwin J., 2015. Update on 'Alborea': A new cultigen developed from hybrids of *Alfalfa* x *M. arborea*, http://www.medicago-reports.org/pdfs/volume15/15_01_Alborea_A_new_cultigen.pdf (dostęp 20.07.2017).
- Brainard D., Henshaw B., Snapp S., 2012. Hairy vetch varieties and bi-cultures influence cover crop services in strip-tilled sweet corn. *Agron. J.* 104(3), 629–638.
- Brunet J., Stewart C.M., 2010. Impact of bee species and plant density on alfalfa pollination and potential for gene flow. *Psyche: J. Entomol.*, <http://dx.doi.org/10.1155/2010/201858>.
- Brunet J., Zhao Y., Clayton M., 2016. Contrasting the foraging behavior of three bee species in alfalfa to predict their impact on selfing rate and gene flow risk, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Johanne%20Brunet%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Bucciarelli B., Cao Y., Samac D.A., 2016. Rapid phenotyping of alfalfa root system architecture, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Bruna%20Bucciarelli%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Cao Y., Lenz P., Ferguson J., Nelson M., Miller S., Dornbusch M., Castle S., Samac D.A., 2016. Diversity of field isolates of *Sinorhizobium meliloti* nodulating alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Deborah%20Samac%20Abstract%201.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Castro C., Santa-Martinez E., Brunet J., 2016. Pollen deposition curve for bumble bees with alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Cibele%20Castro%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Catalano D.N., Sheaffer C.C., M.S. Wells, Grev A.M., DeBoer M.L., Martinson K.L., 2016. Forage nutritive value, yield, and preference of legumes under horse grazing in the establishment year, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Devan%20Catalano%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Cazenave A.B., Pant B.D., Motes C.M., Hernandez T.D., Nedley A., Warner S.C., Scheible W.R., Monteros M.J., 2016. Adaptive Responses of *Medicago truncatula* and *Medicago sativa* to Low Phosphorus Availability, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/A%20Brice%20Cazenave%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Cherney D., Cherney J., 2016. Optimizing forage quality of Alfalfa – grass mixtures, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Debbie%20Cherney%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Cherney D.J.R., Cherney J.H., Smith S.R., Sheaffer C.C., Wells M.S., 2016. Forage Quality Improvement in Reduced-Lignin Alfalfa Monoculture and Alfalfa-Grass Binary Mixtures, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Debbie%20Cherney%20AFRP%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Claessens A., Thivierge M.N., Bertrand A., 2016. Breeding for stem cell wall digestibility in alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Annie%20Claessens%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Cox S., Peel M.D., Creech J.E., Waldron P.L., Eun J.S., Zobell D.R., Miller R.L., Snyder D.L., 2017. Forage production of grass-legume binary mixtures on intermountain western USA irrigated pastures. *Crop Sci.* 57(3), 1742–1753.
- Cunningham S.M., Gana J.A., Volene J.J., Teuber L.R., 2001. Winter hardiness, root physiology, and gene expression in successive fall dormancy selections from 'mesilla' and 'CUF 101' alfalfa. *Crop Sci.* 41(4), 1091–1098.
- Digman M.F., Shinnors K.J., Boettcher M.E., 2013. Crop mergers: Management of soil contamination and leaf loss in alfalfa. *Appl. Engin. Agric.* 29(2), 179–185.
- Frame J., Charlton J.F.L., Laidlaw A.S., 1998. Temperate Forage Legumes. CAB International, Oxfordshire, UK.

- Ghosh S., Dickstein R., Knight T.J., Langston-Unkefer P.J., 2001. Interactions between *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* and two rhizosphere hosts, *Medicago sativa* and *Avena sativa*. J. Plant Biochem. Biotech. 10(2), 91–99.
- Gaspie C.F., McCordick S.A., Dietz T.S., Kells J.J., Leep R.H., Everman W.J., 2011. Effect of seeding rate and weed control on glyphosate-resistant alfalfa establishment. Weed Technol. 25(2), 230–238.
- Grabber J.H., Renz M.J., Riday H., 2016. Alfalfa varieties differ markedly in seedling survival when interseeded into corn and treated with prohexadione-calcium, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/John%20Grabber%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Grev A.M., Wells M.S., Martinson K.L., Sheaffer C.C., 2016. Seeding Year Yield and Forage Nutritive Value of Reduced Lignin and Conventional Alfalfa Varieties, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Amanda%20Grev%20Abstract.pdf>, dostęp 20.07.2017.
- Hernandez T., Samac D., Topp C., Monteros M.J. 2016. Characterization of Alfalfa Populations Contrasting for Root System Architecture (RSA), <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Timothy%20Hernandez%20Abstract.pdf>, dostęp 20.07.2017.
- Hill R.R., Shenk J.S. Jr., Barnes R.F., 1998. Breeding for Yield and Quality. W: A.A. Hanson (red.), Alfalfa and Alfalfa Improvement. Agronomy 29. Madison, Wisconsin, USA, 809–826.
- Irwin J. Woodfield D., Sewell J., Bingham E., 2016. Restructuring Alfalfa through introgression of *Medicago arborea* traits, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Edwin%20Bingham%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Jayaraman D., Gilroy S., Ané J.M., 2014. Staying in touch: mechanical signals in plant–microbe interactions. Curr. Opin. Plant Biol. 20, 104–109.
- Kesoju S.R., Greene S.L., Martin R.C., Kramer M., 2016. Pollen and seed mediated gene flow in commercial alfalfa seed production fields, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Sandya%20Kesoju%20Abstract%202.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Klatt C., Dornbusch M., Song Z., Russelle M., Samac D., 2016. Bacterial and Fungal Microbiome Analysis of Alfalfa Rhizosphere Soils, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Christian%20Klatt%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Lefi E., Gullías J., Cifre J., Younes M.B., Medrano H., 2004. Drought effects on the dynamics of leaf production and senescence in field-grown *Medicago arborea* and *Medicago citrina*. Ann. Appl. Biol. 144(2), 169–176.
- Liebman M., Graef R.L., Nettleton D., Cambardella C.A., 2012. Use of legume green manures as nitrogen sources for corn production. Renew. Agric. Food Syst. 27(3), 180–191.
- Marx H., Minogue C.E., Jayaraman D., Richards A.L., Maeda J., Rajasekar S., Del Valle-Echevarria A.R., Westphall M.S., Sussman M.R., Coon J.J., Ané J.M., 2016. A Multi-omic Atlas of the Model Legume *Medicago truncatula*, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Jean-Michel%20Ane.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- McCoy T.J., Bingham E.T., 1988. Cytology and cytogenetics of alfalfa. Breeding and quantitative genetics. W: A.A. Hanson (red.). Alfalfa and Alfalfa Improvement. Agronomy 29, Madison, Wisconsin, USA, 737–776.
- Milić D., Taški-Ajdukovi K., Katanski N.N.S., Karagić D., Vasiljević S., Katić S., 2016. Heterotic effects and genetic distance for the prediction of agronomic performance in crossing divergent alfalfa populations, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Dragan%20Milic%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Munjal G., Hao J., Brumme D., 2016. A fresh look at the genomic basis of autumn dormancy in cultivated alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Gitanshu%20Munjal%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).

- Nedley A.R., Monteros M.J., Han J., Thomas P., Acharya A.R., Wei Y., Jiu M., Wang L., Holzer F., Brummer E.C., Teuber L.R., Walling L., 2016. Shifts in allele frequencies in Alfalfa breeding populations during cycles of phenotypic selection for whitefly resistance, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Alyssa%20Nedley%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Nemchinov L.G., Postnikova O.A., 2016. Alfalfa Research in Molecular Plant Pathology Laboratory, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Lev%20Nemchinov%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Neu A., Hall M., Undersander D., Sheaffer C., Scott Wells M., Kniffen D., Catalano D., Martinson K., 2016. The effect of hay rake type on ash content of first cutting Alfalfa hay, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Abby%20Neu%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Nguyen T.T., Volkening J.D., Rose Ch.M., Venkateshwaran M., Westphall M.S., Coon J.J., Ané J.M., Sussman M.R., 2015. Potential regulatory phosphorylation sites in a *Medicago truncatula* plasma membrane proton pump implicated during early symbiotic signaling in roots. *FEBS Letters* 589(17), 2186–2193.
- Noland R.L., Wells M.S., Sheaffer C.C., 2016. Integrated remote sensing tools for timely predictions of alfalfa nutritive value, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Reagan%20Noland%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- North American Alfalfa Improvement Conference, 2017, <https://www.naaic.org> (dostęp 20.07.2017).
- Parker A., Sulc R.M., Albrecht K., Cassida K., Hall M., Herrmann J., Min D., Orloff S., Undersander D., 2016. Forage Nutritive Value of a Reduced Lignin Alfalfa Cultivar Compared with Conventional Alfalfa Cultivars. <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Angela%20Parker%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Peel M., Creech E., Waldron B., 2016. Forage Nutritive Value of Cool Season Grasses in Binary Mixtures with Alfalfa, Birdsfoot Trefoil and Cicer Milkvetch, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Michael%20Peel%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Reich J., Darling M., Engh T., Enjalbert N., Wagner S., Buell S., 2016. Modification of Rate and Extent of Fiber Digestibility in Alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Jon%20Reich%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Riday H., 2016. Rate of Forage Yield Breeding Gains in a Red Clover Breeding Program, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Heathcliffe%20Riday%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Riday H., Albrecht K.A., 2010. Registration of kural *Trifolium ambiguum* (M. Bieb) germplasm. *J. Plant Regist.* 4(1), 80–85.
- Rodgers C., Witte D., Ferrell J., Deery H., McCaslin M., 2016. Breeding for Resistance to New Races of Anthracnose, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Charlie%20Rodgers%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Rumbaugh M.D., Caddel J.L., Rowe D.E., 1988. Breeding and quantitative genetics. W: A.A. Hanson (red.), *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. Agronomy 29. Madison, Wisconsin USA, 777–808.
- Russelle M.P., Lamb J.F.S., 2011. Divergent alfalfa root system architecture is maintained across environment and nutrient supply. *Agron. J.* 103(4), 1115–1123.
- Santa-Martinez E., Brunet J., 2016. Linking pollinator behavior to selfing rate for three distinct pollinators of alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Emmanuel%20Santa-Martinez%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).

- Samac D.A., Monteros M., Topp C., 2016. Root traits to enhance nutrient and water use in alfalfa, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Debby%20Samac%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Siller A.R.S., Albrecht K.A., Jokela W.E., 2016. Soil erosion and nutrient runoff in corn silage production with kura clover living mulch and winter rye. *Agron. J.* 108, 989–999.
- Smith R.R., Taylor N.L., Bowley S.R., 1985. Red clover. W: N.L. Taylor (red.), *Clover science and technology*. Madison, Wisconsin, USA, 458–470.
- Statistics Canada, 2017. Table 004-0213 – Census of Agriculture, hay and field crops, every 5 years, CANSIM, <http://www5.statcan.gc.ca/cansim/a05?lang=eng&id=0040213> (dostęp 20.07.2017).
- Sulc R.M., Albrecht K.A., Cherney J.H., Hall M.H., Mueller S.C., Orloff S.B., 1997. Field testing a rapid method for estimating alfalfa quality. *Agron. J.* 89, 952–957.
- Sulc R.M., Lamp W.P., Albrecht K.A., 2016. Potato Leafhopper Threshold Revised for Alfalfa Host Resistance and Alfalfa-Grass Mixtures, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Mark%20Sulc%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Sulc R.M., McCormick J.S., Hammond R.B., Miller D.J., 2015. Forage yield and nutritive value responses to insecticide and host resistance in alfalfa. *Crop Sci.* 55(3), 1346–1355.
- Taylor N.L. (red.), 1985. *Clover science and technology*. Agronomy 25, Madison, Wisconsin USA.
- Teclé I.Y., Hansen J.L., Pell A.N., Viands D.R., 2008. Divergent phenotypic selection for alfalfa cell wall fractions and indirect response in digestibility. *Can. J. Plant Sci.* 88(5), 891–898.
- Thivierge M.N., Jégo G., Bélanger G., Bertrand A., Tremblay G.F., Rotz C.A., Qian B., 2016. Predicted yield and nutritive value of an alfalfa–timothy mixture under climate change and elevated atmospheric carbon dioxide. *Agron. J.* 108(2), 585–603.
- Tremblay G.F., Bélanger G., Dos Passos Bernardes A., Papadopoulos Y., Fillmore S., Lajeunesse J., Duynisveld J., 2016a. Species composition affects yield and nutritive value of binary legume-grass mixtures, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Gaeten%20Tremblay%20Abstract%202.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Tremblay G.F., Bélanger G., Simili Da Silva M., Lajeunesse J., Papadopoulos Y.A., Fillmore S.A.E., Jobim C.C., 2016b. Binary and complex legume-grass mixtures affect the forage energy to protein ratio, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Gaeten%20Tremblay%20Abstract%201.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Undersander D., Picasso V., 2016. Resilience, Stability, and Productivity of Alfalfa cultivars in Wisconsin, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Valentin%20Picasso%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- USDA, 2017. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service, https://www.nass.usda.gov/Statistics_by_Subject/result.php?086CD95E-3CC4-3C16-A9CD-4FA93EB244AD§or=CROPS&group=FIELD%20CROPS&comm=HAY%20%26%20HAYLAGE (dostęp 20.07.2017).
- Waldron B., Peel M., 2016. Predicted efficiency of indirect selection to increase tall fescue forage mass in a grass – alfalfa mixture, <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Blair%20Waldron%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Wiering N.P., Ehlke N.J., Sheaffer C.C., 2016. Hairy Vetch: Developing a Winter-Annual Legume as a Cover Crop in the Northern U.S., <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Nicholas%20Wiering%20Abstract.pdf> (dostęp 20.07.2017).
- Yu L.-X., Liu X., Boge W., Rivera M., 2016. Genomic analysis of Verticillium wilt resistance and drought tolerance in Alfalfa. <https://www.naaic.org/Meetings/National/2016meeting/Long-Xi%20Yu%20Abstract.pdf>, (dostęp 20.07.2017).

Summary. The field experiment (2011–2013) was focused on the assessment of the impact of varied plant density (20, 40, 60, 80, and 100 plants·m⁻²) and row spacing (25 and 40 cm) on the size and quality of seed yields in two pot marigold cultivars. The morphological traits of pot marigold plants and elements of the yield structure were correlated primarily with the weather conditions prevailing over the study years, plant density, and varietal properties, but they only slightly depended on row spacing. The highest seed yield (1895 kg·ha⁻¹) and crude fat yield (400 kg·ha⁻¹) were obtained in 2013 characterised by the highest precipitation rates during the period of intensive plant growth, while the lowest values were noted in 2012 (1515 kg·ha⁻¹ seeds and 297 kg·ha⁻¹ fat), in which the lowest precipitation values during the vegetation season were reported. Increasing plant density contributed to an increase in the plant height and a simultaneous decline in the number of floral heads per plant and in the thousand-seed weight. The highest seed yields from both pot marigold cultivars were achieved at a density of 60 plants·m⁻². The content and quality of fat were mainly determined by the weather conditions during the seed formation period. Favourable water conditions combined with moderate temperatures promoted the accumulation of crude fat and linolenic acid isomers (CLNA). The quality of the seeds differed between the studied cultivars: ‘Orange King’ seeds were characterised by a higher level of fat (21.1%), whereas the oil from the ‘Tokaj’ cultivar had a higher proportion of CLNA (49.97%). Row spacing and plant density did not affect the chemical composition of the seeds.

Key words: cultivar, row spacing, fat yield, fatty acids, calendic acid

Otrzymano/ Received: 4.07.2017
Zaakceptowano/ Accepted: 10.08.2017