




TRADYCJA I INNOWACYJNOŚĆ W OCHRONIE ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO REGIONÓW GÓRSKICH

Edyta Molik¹✉  0000-0002-0648-9471, Piotr Szatkowski²  0000-0003-0861-6195, Zuzanna Flis¹  0000-0002-8217-6223, Katarzyna Suchorowiec², Ewa Szczepanik², Marcin Niemiec³  0000-0001-9144-3728, Monika Komorowska³  0000-0002-9131-5387, Paulius Matusėvičius⁴  0000-0002-6612-2479

¹ Katedra Żywnienia, Biotechnologii Zwierząt i Rybactwa, Wydział Hodowli i Biologii Zwierząt, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

² Katedra Biomateriałów i Kompozytów, Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki, Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

³ Katedra Chemii Rolnej i Środowiskowej, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 21, 31-120 Kraków

⁴ Department of Animal Science, Veterinary Academy of Lithuanian University of Health Sciences, Tilzes 18, LT-47181, Kaunas, Lithuania

ABSTRAKT

Cel pracy

Gospodarka pasterska w Europie jest ważnym elementem ochrony bioróżnorodności i krajobrazu. Pasterstwo stymuluje rozwój rynku produktów tradycyjnych, regionalnych, rękodzieła i usług. Przez wiele lat istotnym produktem pozyskiwanym na terenach górskich od lokalnych ras owiec była wełna, obecnie traktowana jako produkt odpadowy. Celem opracowania jest opisanie metod gospodarowania na terenach górskich ze wskazaniem na innowacyjne możliwości wykorzystania wełny owczej.

Materiał i metody

Materiał stanowiły opracowania literaturowe oraz badania własne dotyczące gospodarowania na terenach górskich. Przeprowadzone badania własne i analizy literatury przedmiotu wykazały, że ze względu na swoje właściwości, wełna pozyskiwana od owiec górskich może być stosowana jako naturalne włókno w biodegradowalnym kompozycie i stanowić alternatywę dla opakowań z tworzyw sztucznych. Wprowadzenie naturalnych włókien do kompozytu nawozowego może poprawić żyzność gleby, ale również przynieść efekty ekonomiczne, w postaci zagospodarowania wełny polskich owiec górskich w ramach gospodarki obiegu zamkniętego.

Wyniki i wnioski

Podsumowując, poszukiwanie alternatywnych kierunków wykorzystania wełny owczej ma strategiczne znaczenie dla utrzymania, a nawet zwiększania pogłowia owiec w Polsce oraz w innych krajach Unii Europejskiej. Występujące susze glebowe w okresie letnim wpływają na obniżenie plonowania roślin i z tego powodu aplikacja do gleby biodegradowalnego biokompozytu nie będzie wpływać negatywnie na środowisko łąk i łąk górskich.

Słowa kluczowe: owce, krajobraz, wełna, biokompozyty

WSTĘP

Pasterstwo w Karpatach stanowi formę podtrzymywania tradycji i zwyczajów tego regionu, co w skali europejskiej pozwala na zachowanie swojej tożsamości regionalnej. Ważnym elementem gospodarowania na terenach górskich jest ochrona bioróżnorodności i krajobrazu dzięki prowadzeniu tradycyjnego pasterstwa, które stanowi istotny element aktywizacji ekonomicznej regionu. Ważnym produktem pozyskiwanym na terenach górskich od lokalnych ras owiec jest wełna mieszana, która obecnie traktowana jest jako produkt odpadowy. Biorąc pod uwagę cechy fizykochemiczne tego włókna, może ono być stosowane jako element materiałów kompozytowych, które wpisują się w strategię biogospodarki i zrównoważonego rozwoju. Wspieranie produkcji owczarskiej na terenach górskich ma ogromne znaczenie dla zachowania bioróżnorodności siedlisk oraz tradycyjnego krajobrazu. Zagospodarowanie pastwisk, hal górskich i terenów czynnej ochrony, również na terenach parków narodowych i krajobrazowych, stanowi ważny element zrównoważonej gospodarki. Wprowadzenie naturalnych włókien wełny owczej do kompozytu nawozowego będzie miało wpływ na poprawę żyzności oraz bilansu węgla organicznego w glebach oraz na ekonomikę chowu owiec. Poszukiwanie alternatywnych kierunków wykorzystania wełny owczej ma strategiczne znaczenie dla utrzymania, a nawet zwiększania pogłowia owiec, nie tylko w Polsce, ale także w innych krajach Unii Europejskiej. Wprowadzenie wełny owczej, która stanowi odpad produkcyjny, do strumienia produkcji roślinnej stanowi ważne ogniwo gospodarki w obiegu zamkniętym. Problem zagospodarowania wełny owczej dotyczy nie tylko regionów Polski, ale także innych krajów Europy czy Azji.

GOSPODARKA PASTERSKA JAKO TRADYCYJNA FORMA OCHRONY BIORÓŻNORODNOŚCI I KRAJOBRAZU TERENÓW GÓRSKICH

Karpaty na przestrzeni wieków były szlakiem wędrówek i kolejnych fal osadnictwa, co wiązało się z rozwojem działalności gospodarczej, w tym głównie pasterstwa. Gospodarka pasterska jest bardzo istotnym elementem ochrony bioróżnorodności, zachowania

tradycji i aktywizacji społeczności lokalnej, a przez to stanowi ważny czynnik zrównoważonego rozwoju terenów górskich (Tyran i in., 2004; Caballero i in., 2007). W wielu krajach europejskich wzrasta znaczenie pozaprodukcyjnej funkcji owiec, w postaci dbałości o krajobraz i całe środowisko przyrodnicze (Molik i in., 2005a,b; Molik, 2006). Jeszcze do końca lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku owczarstwo odgrywało znaczącą rolę w gospodarce regionów górskich. Obserwowany na przestrzeni lat stopniowy regres pogłowia owiec i gospodarki pasterskiej przyczynił się do ekspansji niepożądanych gatunków roślin i zmian botanicznych. Najbardziej widocznym skutkiem braku owiec w górach są opuszczone pastwiska i polany górskie. Dlatego należy podejmować działania w celu odbudowy owczarstwa górskiego w sposób zgodny z tradycją i założeniami zrównoważonego rozwoju regionu (Drożdż, 2004). Ukształtowanie terenu w połączeniu z ekstensywnymi formami jego użytkowania powodują, że obszary górskie to wciąż prawdziwa mozaika siedlisk, na której wykształciły się cenne ekosystemy, zarówno leśne, jak i nieleśne. Istotą nowoczesnej gospodarki pasterskiej jest jej ekstensywny i zrównoważony charakter. Zaniechanie owczarstwa w tych regionach ma wpływ na ograniczenie bioróżnorodności, zarastanie pastwisk górskich wysokimi trawami, przez co zanika niska roślinność, m.in. krokusy, storczyki czy koniczyna (Mirek, 2004; Molik i in., 2017).

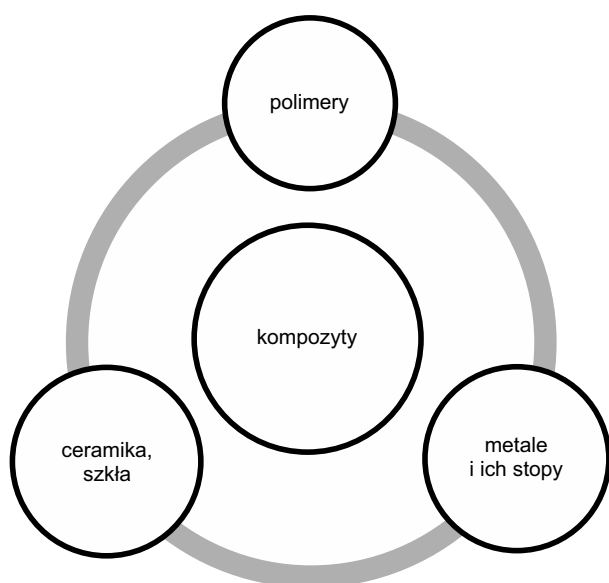
Wiele urokliwych zakątków Karpat straciłoby na atrakcyjności krajobrazowo-turystycznej, gdyby nie wypasano tam owiec. Ochrona krajobrazu w parkach narodowych Polski przez prowadzenie wypasu kulturowego jest ważnym elementem promocji całego regionu. Wypas kulturowy jest formą ochrony dziedzictwa kulturowego regionu i szansą na jego ożywienie ekonomiczne, służy także ochronie krajobrazu. Ochrona kultury i tradycji staje się źródłem dochodu, daje podstawy do tworzenia miejsc pracy i poprawy dobrobytu mieszkańców. Wypas kulturowy przywraca również pierwotną funkcję tradycyjnym szafasom pasterskim, co pozwala na ich zachowanie, ponieważ użytkowanie jest jedyną skuteczną formą ich ochrony (Gąsienica-Chmiel, 2001a, 2001b; Molik i in., 2017). W Beskidzie Sądeckim grupą mocno związaną z pasterstwem są Czarni Górale. Charakteryzują się odmiennym stro-

jem ludowym od pozostałych polskich górali oraz niezwykłym przywiązaniem do gór. Piwniczańscy górale ciemną wełnę pozyskiwaną od polskich owiec górskich odmiany barwnej oddawali do lokalnych foluszy, a z otrzymanego sukna wykonywali stroje, ubiory i elementy ozdobne. Pozyskiwana wełna od tzw. czarnych owiec była chętnie zakupywana przez klasztor klarysek w Starym Sączu do wyrobu czarnych habitów (Molik i Kubiak, 2021). Dlatego też na łąkach Beskidu Sądeckiego wypasane były przeważanie czarne owce, a ich wypas był prowadzony nawet na terenach leśnych, zwłaszcza w rejonie Szczawnicy. Obecnie z inicjatywy hodowców i dzięki programowi ochrony zasobów genetycznych zwierząt barwne owce górskie powracają na hale Popradzkiego Parku Krajobrazowego. Barwna owca górską jest rodzimą odmianą starej, prymitywnej grupy rasowej cakiel, występującej od wieków na terenie Karpat Południowych i części Bałkanów (Kawęcka i Sikora, 2009). Przywracanie gospodarki pasterskiej ma znaczenie nie tylko kulturowe, ale jest formą ochrony bioróżnorodności hał nadpopradzkich i aktywizacji ekonomicznej mieszkańców tych terenów (Molik i Kubiak, 2021). Wysoka jakość surowca (mleka, mięsa) wyprodukowanego przez lokalne rasy zwierząt dzięki wypasowi wielkoobszarowemu jest szansą na aktywizację ekonomiczną regionu karpackiego. Z procesu kreowania i ochrony produktu lokalnego wynika wiele korzyści, np. utrzymanie i zwiększenie zysków lokalnych wytwórców, wzrost zatrudnienia dla lokalnej społeczności, zahamowanie emigracji społeczności, utrzymanie tradycyjnego rolnictwa z jego korzystnym wpływem na krajobraz, zachowanie tradycyjnych receptur, utrzymanie lokalnych tradycji i kultury związanej z produktem. Każdy produkt lokalny jest identyfikowany z obszarem geograficznym, który jako tzw. mała ojczyzna zapewnia szczególne miejsce na rynku. Wykorzystanie potencjału rolniczego i przyrodniczego w Karpatach, a zwłaszcza prowadzenie wypasu kulturowego, może przyczynić się do tworzenia nowych miejsc pracy w tradycyjnych zawodach i turystyce, a także istotnie sprzyjać dynamicznemu rozwojowi produktów lokalnych. W ciągu ostatnich lat obserwuje się wzrost zainteresowania konsumentów żywnością wysokiej jakości o oryginalnych cechach sensorycznych i walorach prozdrowotnych (Flis i Molik, 2021).

INNOWACYJNE ZASTOSOWANIE WEŁNY OWCZEJ

Wełna owcza od czasu kryzysu i drastycznego spadku pogłowia owiec w latach dziewięćdziesiątych XX wieku jest produktem, który trudno zagospodarować. Szczególnie duże trudności ze zbytem wełny mają hodowcy na terenach górskich ze względu na zróżnicowanie grubości włókien w kosmyku, charakterystycznym dla wełny mieszanej (średnia grubość włosa 50–70 μm). Wełna mieszana jest traktowana jako produkt odpadowy, trudny do zagospodarowania w przemyśle włókienniczym. Szansą na zagospodarowanie tego produktu jest między innymi innowacyjne zastosowanie w rolnictwie. Włókno wełniane cechuje się wysoką zawartością azotu, fosforu i potasu, a także mikrośladków, takich jak wapń, magnez, żelazo i siarka, które dostępne są dla roślin w dobrze przyswajalnej formie. Ze względu na właściwości higroskopijne wełna gromadzi i stopniowo uwalnia wilgoć, co powoduje powolne uwalnianie związków do podłoża. Ważnymi cechami wełny są następujące: przepuszcza powietrze, jest materiałem ognioodpornym i ma zdolność wchłaniania wilgoci. Ze względu na to, że wełna charakteryzuje się wysoką temperaturą zapłonu (ponad 550°C), klasyfikuje się ją jako materiał trudnopalny i samogasnący (Molik i Potocka, 2019). Rasy owiec utrzymywane w terenach górskich charakteryzują się wełną mieszaną, zbudowaną z trzech rodzajów włosa (włosy puchowe, przejściowe i rdzeniowe). Włókna wełny są materiałami wielokomórkowymi, złożonym z naskórka, kory oraz rdzenia (Skoczyła, 1978; Kawęcka i Kosiek, 2010). W budowie naskórka wyróżniamy trzy warstwy: warstwę zewnętrzną (epikutikula), która jest zbudowana z α -aminokwasów wykazujących niską aktywność chemiczną, warstwę środkową (egzokutikula), która jest zbudowana z keratyny niekryształicznej, oraz warstwę wewnętrzną (endokutikula), która jest zbudowana z białka o wysokim stopniu krystaliczności.

Postępujący rozwój cywilizacji i rosnące zanieczyszczenie środowiska zmuszają do poszukiwania biodegradowalnych materiałów możliwych do zastosowania w inżynierii materiałowej (Chandramohan i Marimuthu, 2011). W ten trend doskonale wpisuje się wełna mieszana, która może być stosowana jako element kompozytu (Molik i Potocka, 2019). W budowie kompozytu można wyróżnić dwie najważniej-



Ryc. 1. Budowa kompozytu – grupy materiałów i ich zależności (źródło: Blicharski, 2001 – modyfikacja P. Szatkowski)

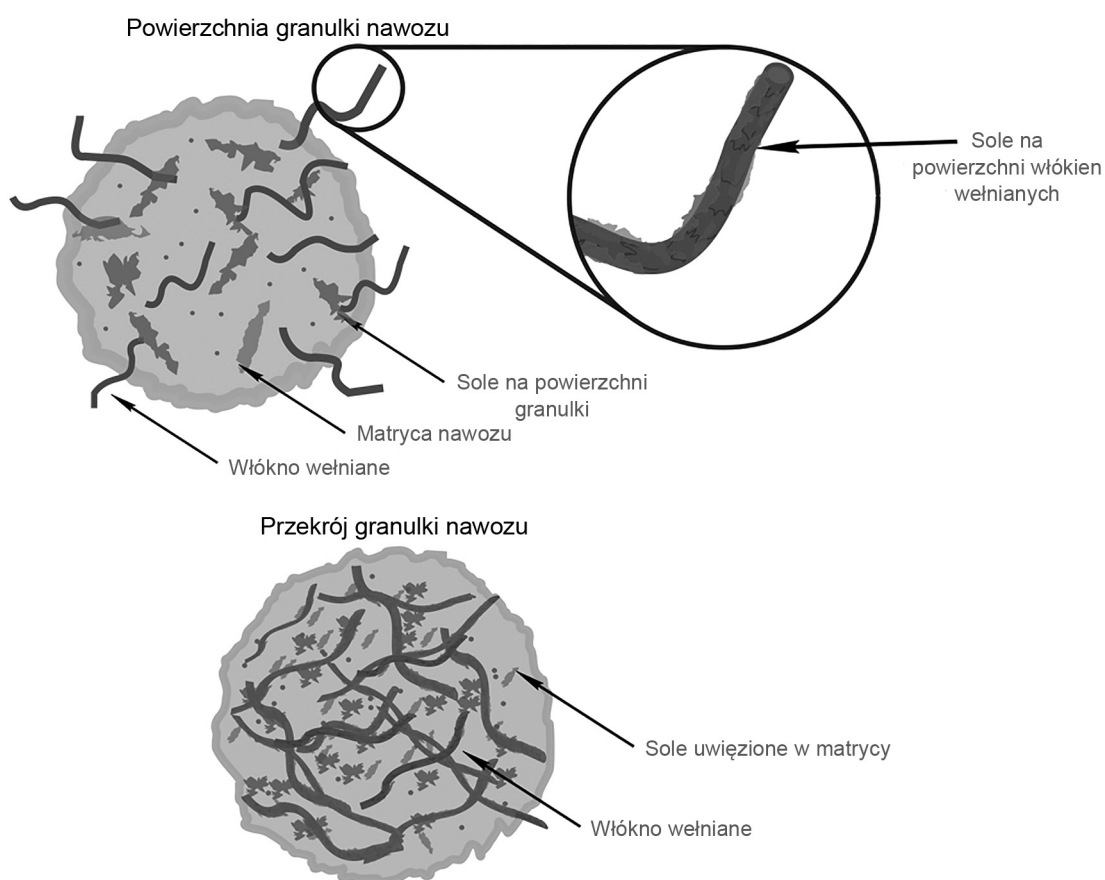
sze tworzące go fazy: osnowę, która jest fazą ciągłą w materiale, oraz fazę modyfikującą, która jest odpowiedzialna za jego właściwości, między innymi za wzmocnienie. Najczęściej jako wzmocnienia w kompozytach stosuje się włókna sztuczne (włókna szklane, węglowe, ceramiczne, aramidowe, polipropylenowe oraz polietylenowe) (Fejdyś i Łandwajt, 2010).

Jednak w trosce o środowisko naturalne zainteresowanie wzbudza projektowanie kompozytów z włókien naturalnych, które mogą stanowić alternatywę dla włókien sztucznych (Major i Major, 2015). Do włókien naturalnych zaliczane są: włókna pochodzenia roślinnego (włókna celulozowe), włókna pochodzenia zwierzęcego (włókna białkowe) oraz włókna mineralne, które występują naturalnie. Ważnymi cechami fizykochemicznymi wełny owczej w projektowaniu osnowy kompozytu jest grubość, wytrzymałość (czyli zdolność przeciwstawiania się sile rozrywającej), a także elastyczność, co powoduje, że włókno jest zdolne powrócić po rozciągnięciu do stanu pierwotnego. Wełna owcza jest naturalnym materiałem, który ze względu na wspomniane wyżej właściwości fizykochemiczne może być stosowany jako element kompozytu.

Wełna owcza jako włókno naturalne wykazuje przewodnictwo termiczne na poziomie 0,043 W/mK, opór

cieplny/izolacyjność 0,0065 Km²W⁻¹, zatem można ją wykorzystać do projektowania kompozytów stosowanych w budownictwie czy izolacji akustycznej (Gieremek i Cieśla, 2012; Andrzejewska i Topoliński, 2015; Kim i in., 2015; Wasilewska i Pietruszka, 2017). Kompozyty wzmocniane naturalnymi włóknami są stosowane na coraz szerszą skalę w takich branżach, jak: transport (samochody, lotnictwo), przemysł wojskowy, budownictwo i przemysł opakowań (Cichosz i Czeczot, 2011; Kim i in., 2015; Wasilewska i Pietruszka, 2017). Użycie włókna wełnianego jako wzmocnienia w kompozycie może spowodować podwyższenie właściwości mechanicznych kompozytu biodegradowalnego, który jest bezpieczny dla środowiska.

W Polsce wytworzenie biokompozytu z elementami włókna wełnianego pozwoli na zagospodarowanie wełny owczej zwłaszcza z terenów górskich. Kompozyty złożone tylko z naturalnych faz (włókno wełny/matryca biodegradowalna) nie podlegają ustawie o odpadach i można je rozkładać w kompostownikach, a gdy trafią na składowisko, to z czasem zredukują się do wody i dwutlenku węgla. Zatem wełna, czyli włókno o wyjątkowych cechach fizykochemicznych, może być stosowana jako element materiałów kompozytowych, które wpisują się w strategię biogospodarki i zrównoważonego rozwoju. Przeprowadzone badania własne wykazały, że wprowadzenie wełny owczej jako elementu wzmocnienia kompozytu przyczynia się do wzrostu hydrofobowości materiału (Szatkowski i in., 2022a). Zaprojektowane opakowanie z elementami włókna owczego wykazuje dobre właściwości izolacyjne, a ponadto jest materiałem biodegradowalnym (Szatkowski i in., 2022a). Opracowanie technologii kompozytów możliwych do zastosowania w budownictwie, rolnictwie czy medycynie z wykorzystaniem wełny owczej może przyczynić się do zagospodarowania tego włókna nie tylko na terenie kraju. Ponadto, jak wykazały badania, otrzymany produkt kompozytowy jest biodegradowalny i może stanowić alternatywę dla powszechnie stosowanych opakowań z polistyrenu ekspandowanego (tzw. styropian). Wprowadzanie kompozytów wzmocnianych włóknami wełny owczej przyczyni się do aktywizacji ekonomicznej terenów górskich, dzięki możliwości sprzedaży wełny mieszanej, i będzie korzystnie oddziaływać na środowisko naturalne (Szatkowski i in., 2022a).



Ryc. 2. Schemat powierzchni oraz wnętrza nawozu o spowolnionym uwalnianiu (źródło: opracowanie P. Szatkowski)

W czasach postępującej intensyfikacji produkcji żywności zwiększa się konieczność stosowania dużej ilości różnego rodzaju nawozów. Stosowanie tych środków w nadmiarze może powodować szkody w postaci eutrofizacji zbiorników wodnych (spowodowanej obecnością związków azotu i fosforu) czy też rozprzestrzeniania się glonów w wodach przybrzeżnych. Proces ten zachodzi w wyniku erozji, czyli wymywania i spływu nawozów z pól uprawnych. Szacuje się, że powszechne stosowanie nawozów sztucznych i pestycydów jest jednym z głównych czynników powodujących zanieczyszczenie wód (Ayoub, 1999). Ograniczenie stosowania środków o negatywnym wpływie na środowisko jest jednym z celów zrównoważonego rolnictwa (Szatkowski i in., 2022b). Skłania to do poszukiwania nowoczesnych technologii wzbogacania komponentów nawozowych naturalnymi włóknami

charakteryzującymi się dobrymi cechami hydrofobowymi i biodegradowalnymi. Innowacyjnym sposobem wykorzystania wełny owczej mieszanej może być zastosowanie jej jako elementu kompozytu nawozowego. Wśród nawozów komercyjnych najczęściej stosowane są nawozy szybko działające (QRF, ang. *Quick-Release Fertilizers*), rozpuszczalne w wodzie. Taki preparat po zaaplikowaniu do gleby w bardzo krótkim czasie uwalnia wszystkie pierwiastki odżywcze. Nawozy CRF (*Controlled Release Fertilizer*) zapewniają dużo większą efektywność wykorzystania składników odżywczych i zwiększenie plonów (Fertahi i in., 2021). Dzięki inżynierii materiałowej można wypracować wiele metod umożliwiających kontrolę nad stopniem uwalniania składników z nawozów CRF. Ważnymi cechami materiału kompozytowego są jego hydrofobowość i hydrofilowość. Włóknem naturalnym

możliwym do zastosowania jako kompozyt nawozowy CRF jest wełna owcza (Molik i Potocka, 2019). W przypadku stosowania wełny jako elementu osnowy w nawozach CRF ważna jest higroskopijność, a wełna ma zdolność wchłaniania wilgoci nawet do 33% masy. Przeprowadzone badania własne wykazały, że rośliny uprawiane na glebie z dodatkiem nawozu doświadczalnego typu CRF były większe niż te, którym zaaplikowano komercyjny nawóz szybko działający (Szatkowski i in., 2022b). Nawóz na bazie wełny pozostawał dłużej nierozpuszczony niż nawóz komercyjny, który rozpuścił się całkowicie w dużo szybszym tempie (Szatkowski i in., 2022b). W glebie stwierdzono również nierozpuszczone granulki nawozu CRF z dodatkiem wełny, co świadczy o jego powolnym, ale systematycznym uwalnianiu składników odżywczych (Szatkowski i in., 2022b). Badania wykazały, że w przypadku roślin, którym zaaplikowano nawóz CRF, zaobserwowano zwiększoną zdolność magazynowania wody, w porównaniu do roślin, które otrzymały nawóz komercyjny (Szatkowski i in., 2022b). Zastosowanie wełny owczej powoduje, że kompozyt jest biodegradowalny i bezpieczny dla środowiska. Wprowadzenie do gleby materiałów poprawiających ich właściwości ma współcześnie kluczowe znaczenie w kształtowaniu strategii zarządzania zasobami gleby. Jest to szczególnie istotne w dobie zwiększającego się deficytu wody oraz zmniejszania zasobów węgla organicznego w glebach. W dobie zmian klimatycznych zapotrzebowanie na środki poprawiające właściwości gleby jest duże z racji poprawy struktury gleby, dostarczeniu składników pokarmowych oraz poprawy retencji gleby przez zwiększenie jej pojemności wodnej i przeciwdziałanie skutkom suszy glebowej. Występujące w okresie letnim susze wpływają na obniżenie plonowania roślin uprawnych i z tego powodu aplikacja do gleby takiego środka poprawiającego jej właściwości jest uzasadniona, także z punktu widzenia ekonomicznego i środowiskowego.

Reasumując, poszukiwanie alternatywnych kierunków wykorzystania wełny owczej ma strategiczne znaczenie dla utrzymania, a nawet zwiększania pogłowia owiec, nie tylko w Polsce, ale także w innych krajach Unii Europejskiej. Wprowadzenie wełny owczej, traktowanej jako odpad produkcyjny, do strumienia produkcji roślin stanowi ważne ogniwo gospodarki w obiegu zamkniętym. Zawracanie pierwiastków do bioobiegu w rolnictwie stanowi obecnie jeden z waż-

niejszych kierunków badań naukowych i rozwoju praktyki produkcyjnej. W trosce o środowisko naturalne i z uwagi na zdrowie konsumentów należy myśleć o poprawie efektywności wykorzystania składników pokarmowych zawartych w nawozach. Rolnictwo jest krytycznym konsumentem zasobów wody, energii oraz pierwiastków, takich jak fosfor czy potas. Obecne technologie nawożenia cechuje mała efektywność wykorzystania składników pokarmowych. Szczególnie dotyczy to azotu. Akceptowalny współczynnik efektywności wykorzystania tego pierwiastka to 60%. Straty wynikają przede wszystkim z mobilności tego pierwiastka oraz dobrej rozpuszczalności jego związków w wodzie. W przypadku potasu problemem jest zmienność pojemności kompleksu sorpcyjnego, a przyswajalność fosforu jest determinowana głównie przez odczyn gleby. Ze względu na zmiany klimatyczne i występowanie suszy zastosowanie wełny owczej jako naturalnego włókna przyczynić się może do ograniczenia skutków suszy na terenach rolniczych. Według National Research Council ograniczenie stosowania środków o negatywnym wpływie na środowisko jest jednym z celów zrównoważonego rolnictwa. Zatem skłania do poszukiwania nowoczesnych technologii wzbogacania komponentów nawozowych naturalnymi włóknami charakteryzującymi się dobrymi cechami hydrofobowymi i biodegradowalnymi.

PODSUMOWANIE

Wypas owiec na terenie gór i pogórza doskonale sprawdza się jako forma zachowania górskiego krajobrazu, zapobiegania sukcesji lasu i wyparciu cennych gatunków roślin. Wypas kulturowy owiec ma również znaczenie ekonomiczne, społeczne i wpisuje się w strategię biogospodarki i zrównoważonego rozwoju. Natomiast wełna owcza ze względu na swoje wyjątkowe właściwości fizykochemiczne może być zastosowana jako element kompozytu, który będzie bezpieczny dla środowiska naturalnego. Wełna owcza jako naturalne włókno ulega w glebie powolnemu rozkładowi, stopniowo uwalniając składniki pokarmowe do roztworu glebowego. Zatem produkty nawozowe na bazie wełny owczej wykazują cechy nawozów wolnodziałających, które mogą być stosowane na terenach gór i pogórza w rolnictwie precyzyjnym i zgodnie z warunkami ekorozwoju.

BIBLIOGRAFIA

- Andrzejewska, A., Topoliński, T. (2015). Polimery biodegradowalne do zastosowań biomedycznych. *Postępy w Inżynierii Mechanicznej*, 6(3).
- Ayoub, A.T. (1999). Fertilizers and the environment. *Nutr. Cycling Agroecosyst.*, 55, 2, 117–121.
- Blicharski, M. (2001). *Wstęp do inżynierii materiałowej*. Warszawa: Wydawnictwo NTW.
- Caballero, R., Riseth, J.A., Laba, N., Tyran, E., Musiał, W., Molik, E., Boltshauser, A., Hoffstetter, P., Gueydon, A., Roleder, N., Hoffman, H., Moreira, B.M., Coelho, I.S., Brito, O., Gil, A. (2007). Comparative typology in six european low-intensity system of grassland management. *Adv. Agron.*, 96, 351–420.
- Chandramohan, D., Marimuthu, K. (2011). A review on natural fibers. *Int. J. Recent Res. Appl. Stud.*, 8, 194–206.
- Cichosz, G., Czeczot, H. (2011). Stabilność oksydacyjna tłuszczów jadalnych – konsekwencje zdrowotne. *Bromatol. Chem. Toksykol.*, XLIV, 1, 50–60.
- Drożdż, A. (2004). Koncepcja zrównoważonego rozwoju owczarstwa górskiego. W: Z. Mirek, M. Nowak (red.), *Miejsce wypasu i gospodarki owczarskiej w koncepcji rozwoju zrównoważonego*. Kraków: Akademia Rolnicza, Instytut Botaniki PAN.
- Fejdyś, M., Łandwajt, M. (2010). Włókna techniczne wzmacniające materiały kompozytowe. *Techniczne Wyroby Włókiennicze*, 18, 1/2, 12–22.
- Fertahi, S., Ilsouk, M., Zeroual, Y., Ouakroum, A., Barakat, A. (2021). Recent trends in organic coating based on biopolymers and biomass for controlled and slow release fertilizers. *J. Control Release*, 330, 341–361.
- Flis, Z., Molik, E. (2021). Importance of bioactive substances in sheep's milk in human health. *Int. J. Mol. Sci.*, 22, 4364. DOI: 10.3390/ijms22094364
- Gąsienica-Chmiel, M. (2001a). Tradycje pasterskie w Tatrach i na Podhalu. *Pamiętnik Polskiego Towarzystwa Tatrzańskiego*, 10.
- Gąsienica-Chmiel, M. (2001b). Z historii pasterstwa tatrzańskiego. *Pamiętnik Tatrzańskiego Parku Narodowego. Parki Narodowe i Rezerваты Przyrody*, 20(1).
- Gieremek, K., Cieśla, W. (2012). Natural wool fabrics in physiotherapy. In: J. Bettany-Saltikov, B. Paz-Lourido (Eds.), *Physical Therapy Perspectives in the 21st Century – Challenges and Possibilities*. IntechOpen.
- Kawęcka, A., Kosiek, A. (2010). Ocena wybranych cech wełny polskiej owcy górskiej odmiany barwnej. *Rocz. Nauk. Zootech.*, 37, 1.
- Kawęcka, A., Sikora, J. (2009). Rodzime rasy owiec w górskich rejonach polski. *Południowo-Wschodni Oddział Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej z siedzibą w Rzeszowie, Polskie Towarzystwo Gleboznawcze, Oddział w Rzeszowie. Zesz. Nauk. PTIE, Rzeszów*, 11, 103–108.
- Kim, J.H., Shim, B.S., Kim, H.S., Lee, Y.J., Min, S.K., Jang, D., Abas, Z., Kim, J. (2015). Review of nanocellulose for sustainable future materials. *Int. J. Precis. Eng. Manuf. – Green Technol.*, 2, 2, 197–213.
- Major, M., Major, I. (2015). Kompozyty w budownictwie zrównoważonym – przegląd rozwiązań i przykłady zastosowań. *Budownictwo o Zrównoważonym Potencjale Energetycznym*, 1(15), 126–133.
- Mirek, Z. (2004). Problemy ochrony różnorodności biologicznej obszarów pasterskich Polski w kontekście rozwoju zrównoważonego. W: Z. Mirek, M. Nowak (red.), *Miejsce wypasu i gospodarki owczarskiej w koncepcji rozwoju zrównoważonego*. Kraków: Akademia Rolnicza, Instytut Botaniki PAN.
- Molik, E. (2006). Analiza gospodarki pasterskiej w rejonie Karpat Polskich. *Materiały szkoleniowe Owca plus – Program aktywizacji gospodarczej i ochrony Małopolskich Karpat*. Kraków: Instytut Botaniki PAN, 30–35.
- Molik, E., Dobosz, J., Kordeczka, K., Pęksa, M. (2017). Wypas kulturowy owiec na terenie Tatrzańskiego Parku Narodowego jako przykład gospodarowania zgodnego z zasadami ekorozwoju. *Problemy Drobnych Gospodarstw Rolnych*, 1, 61–70.
- Molik, E., Kubiak, M. (2021). Pasterstwo wielkoobszarowe Beskidu Sądeckiego jako forma zachowania tożsamości regionalnej. W: J. Hernik, B. Prus, K. Król (red.), *Katalog dziedzictwa kulturowego Małopolski*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, 187–193.
- Molik, E., Musiał, W., Tyran, E., Wierzchoś, E. (2005a). Communal sheep grazing in the Polish Carpathians. *Scientific Messenger of Lviv State Academy of Veterinary Medicine*, 7(3).
- Molik, E., Potocka, A. (2019). Wybrane zagadnienia związane z możliwością wykorzystania wełny owczej. *Prz. Hod.*, 3, 31–33.
- Molik, E., Wierzchoś, E., Musiał, W., Tyran, E. (2005b). *Rys historyczny pasterstwa Karpackiego*. Kraków: Instytut Zootechniki, 7–10.
- Musiał, W., Wierzchoś, E., Molik, E., Tyran, E. (2004). Badania nad zrównoważonym rozwojem obszarów górskich w aspekcie podtrzymania wypasu kulturowego – wyjściowe problemy badawcze. W: Z. Mirek, M. Nowak (red.), *Miejsce wypasu i gospodarki owczarskiej w koncepcji rozwoju zrównoważonego*. Kraków: Akademia Rolnicza, Instytut Botaniki PAN.

- Skoczylas, A. (1978). *Biologia owczego runa*. Warszawa: PWN.
- Szatkowski, P., Rzenno, P., Suchorowiec, K., Molik, E. (2022a). Opracowanie kompozytów biodegradowalnych z węglem aktywnym dla zastosowań w rolnictwie jako nawozów o kontrolowanym uwalnianiu mikroelementów. *Prz. Hod.*, 2, 21–25.
- Szatkowski, P., Tadla, A., Flis, Z., Szatkowska, M., Suchorowiec, K., Molik, E. (2022b). Production of biodegradable packaging with sheep wool fibres for medical applications and assessment of the biodegradation process. *Anim. Genet.*, 18, 3, 57–67.
- Tyran, E., Musiał, W., Molik, E. (2004). Economic and environmental benefits of traditional communal sheep grazing system in the Polish Tatra Mountains. *Scientific Messenger of Lviv State Academy of Veterinary Medicine*, 6, (2), 206–215.
- Wasilewska, A.W., Pietruszka, L.B. (2017). Natural materials in eco-building. *Prz. Bud.*, 88 (10), 50–53.

TRADITION AND INNOVATIVE IN THE PROTECTION OF THE NATURAL ENVIRONMENT OF MOUNTAIN REGIONS

ABSTRACT

Aim of the study

Pastoral management in Europe is an important element in protecting biodiversity and the landscape. Shepherding stimulates the development of the market of traditional and regional products, handicrafts and services. Pastoral farming in Europe is an important element of biodiversity and landscape protection. Shepherding stimulates the development of the market for traditional, regional products, handicrafts and services. For many years, wool was an important product obtained in mountain areas from local sheep breeds, now treated as a waste product. The aim of the study is to describe farming methods in mountain areas, indicating innovative possibilities of using sheep wool.

Material and methods

The material consisted of literature studies and own research on management in mountain areas. Own research and literature analyzes have shown that, due to its properties, wool obtained from mountain sheep can be used as a natural fiber in a biodegradable composite and constitute an alternative to plastic packaging. The introduction of natural fibers in the fertilizer composite can improve not only soil fertility but also bring economic effects, such as the use of wool of Polish mountain sheep as part of the circular economy.

Results and conclusions

Summarize, the search for alternative directions for the use of sheep wool is of strategic importance for maintaining and even increasing the sheep population in Poland and in other European Union countries. Occurring soil droughts in the summer period affect the reduction of plant yields, and for this reason, the application of biodegradable biocomposite to the soil will not have a negative impact on the environment of mountain pastures and meadows

Keywords: sheep, landscape, wool, biocomposites