Witold Niemiec
Tomasz Trzepieciński
Feliks Stachowicz
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza

UPRAWA ROŚLIN ZIELARSKICH SPOSOBEM NA ZAGOSPODAROWANIE NIEUŻYTKÓW ROLNYCH NA TERENIE POGÓRZA DYNOWSKIEGO

Streszczenie

Dotychczas w województwie podkarpackim rośliny zielarskie uprawiano na stosunkowo niewielką skalę i wynikało to głównie z faktu tradycji pozyskiwania surowca metodą zbieractwa z miejsc naturalnych. Postępująca industrializacja oraz zanikanie naturalnych źródeł surowca sprawia, że należy dążyć do intensyfikacji uprawy ziół w warunkach polowych. Za uprawą roślin zielarskich przemawia rosnące zapotrzebowanie na surowce zielarskie, zmniejszanie się terenów, na których prowadzone są zbiory ze źródeł naturalnych oraz możliwość uzyskania dodatkowego dochodu zwiększającego efektywność ekonomiczną gospodarstwa. Przetwarzanie roślin zielarskich wiąże się z ich suszeniem, które jest jednym z najbardziej energochłonnych procesów występujących w produkcji rolniczej. W opracowaniu omówiono przykładowe rozwiązania suszarni do ziół, przeznaczonych do małych i średnich gospodarstw rolnych na terenie Pogórza Dynowskiego. Przedstawiono również możliwości wykorzystania do celów suszarniczych ciepła niskotemperaturowego wytwarzanego w kolektorach słonecznych współpracujących ze specjalistycznymi piecami do ogrzewania suszarni zielarskich.

Słowa kluczowe: kolektor słoneczny, piec, rośliny zielarskie, suszarnia, suszarnictwo, zielarstwo

CULTIVATION OF HERBAL PLANTS AS A METHOD TO MANAGEMENT OF WASTELAND IN THE DYNOWSKIE FOOTHILS

Summary

Till now in the Podkarpackie Province the herbs have been cultivated on a relatively small scale and this was mainly due to the tradition of cropping plants from natural places. The progressive industrialization and the reduction of natural sources of herbs make it necessary to intensify the cultivation of herbs under field conditions. The increasing of areas of herbal plants is connected with growing demand for herbs, decreasing areas of natural resources of herbal plants, and the possibility of obtaining additional profit which increases the economic efficiency of the farm. Processing of herbal plants involves drying, which is one of the most energy-consuming processes occurring in agricultural production. The article the examples of solutions of the herb dryers destined for small and medium-sized farms in the Dynowskie Foothills have been discussed. The possibility of using low-temperature heat produced in solar collectors for drying purposes has been also presented.

Keywords: solar collector, herbal plants, dryer, dehydration, herb cultivation

1. Wprowadzenie

W Europie, na skalę wielkoprzemysłową, uprawia się około 130 gatunków roślin zielarskich, a w krajach Unii Europejskiej powierzchnia uprawy roślin zielarskich obejmuje około 70 tys. ha. Na świecie w celach leczniczych wykorzystuje się 15–20 tys. gatunków roślin [17]. W Polsce, zaliczanej do głównych producentów roślin zielarskich w Europie, uprawianych jest około 50 gatunków roślin zielarskich i przypraw, których plantacje zajmują powierzchnię około 14,5 tys. ha [3], a średnia powierzchnia gospodarstw wynosi 0,5–2,5 ha. Rośliny zielarskie uprawiane w Polsce pochodzą z uprawy polowej oraz stanowisk naturalnych, prowadzone są również badania związane z introdukcją dziko rosnących ziół na gruntach rolnych [20]. W Polsce występuje około 2300–2500 gatunków roślin, a polski przemysł zielarski wykorzystuje około 150–170 gatunków.

Szacuje się [17], że największy wzrost popytu na środki zielarskie nastąpi w odniesieniu do produkcji leków roślinnych. Jednym z głównych kierunków poprawy opłacalności uprawy roślin zielarskich jest wprowadzenie nowych gatunków roślin zielarskich na lokalny rynek oraz wprowadzenie produktu na nowy rynek, który może być połączony z certyfikacją ekologiczną gospodarstwa.

Wśród składników roślin zielarskich, zaliczanych do substancji najcenniejszych są olejki eteryczne, posiadające właściwości przeciwbakteryjne oraz przeciwgrzybicze, polifenole i kwas askorbinowy, o silnej zdolności przeciwutleniającej, chlorofile oraz karotenoidy wzmacniające aktywność witaminy A. Świeże surowce zielarskie, ze względu na wysoką zawartość wody, są nietrwałe. Jedną z metod przedłużenia ich trwałości, przy jednoczesnym zachowaniu składników biologicznie czynnych, jest suszenie. Charakterystyka substancji biologicznie aktywnych w ziołach oraz wpływ suszenia na ich zawartość, przeprowadzona w pracy [21] wykazała, że wpływ procesu suszenia na zawartość związków biologicznie aktywnych nie jest jednoznaczny. Badania wskazują, że najczęściej wyższa temperatura i dłuższy czas procesu powoduje większą degradację substancji czynnych. Wniosku tego nie można generalizować na wszystkie rośliny zielarskie, ponieważ zmiany zawartości substancji czynnych zależą od gatunku roślin.

Wśród czynników wpływających na jakość roślin zielarskich po zbiorze należy wymienić warunki związane ze stabilizacją surowca oraz procesem jego przechowywania. Stabilizacja wiąże się głównie z procesem suszenia, który powinien być przeprowadzony w odpowiednich warunkach niepowodujących obniżenia jakości surowca. Temperatura i czas suszenia powinny być dostosowane do określonego gatunku roślin. W opracowaniu przedstawiono wybrane rozwiązania suszarni przeznaczonych do małych i średnich gospodarstw rolnych zlokalizowanych na terenie Pogórza Dynowskiego.

2. Proces suszenia

Konserwacja żywności w tym produktów zielarskich jest najstarszym sposobem przechowalnictwa z wykorzystaniem procesów suszarniczych. Warunki klimatyczne

(nasłonecznienie, opady, uwarunkowania termiczne) mają istotne znaczenie w procesach suszarniczych, które – jak wiadomo – są najczęściej energochłonne a zatem kosztowne do stosowania w praktyce. W ubiegłych epokach wykorzystywano najczęściej energię promieniowania słonecznego jako źródło ciepła, a wiatr jako istotną siłę napędową kinetyki suszenia. **Suszenie naturalne** to proces samoczynnej migracji wody z materiału suszonego do atmosfery z wykorzystaniem ciepła otoczenia. **Suszenie sztuczne** polega na dostarczeniu ciepła do suszonego materiału i odprowadzeniu pary wodnej przez strumień gazu pełniący rolę czynnika suszącego. Suszenie ciał stosujemy w związku z celami technologicznymi, dla zmniejszenia ciężaru materiału i obniżenia kosztów transportu, dla zwiększenia wartości opałowej paliw oraz konserwacji pożywienia i pasz.

Siłą napędową procesu suszenia jest różnica ciśnień cząstkowych pary na powierzchni materiału i w rdzeniu gazu suszącego z zachowaniem warunku wyższego ciśnienia cząstkowego na powierzchni materiału. Gdy zachodzi relacja odwrotna, następuje zjawisko sorpcji. W sytuacji braku różnicy ciśnień występuje zjawisko wilgotności równowagowej, w której zjawisko suszenia zanika. Najczęstsze przypadki zawartości wilgoci w materiale to wilgoć powierzchniowa, kapilarna i chemicznie związana. W procesie suszenia wyróżnia się zasadniczo dwa okresy brane pod uwagę w projektowaniu urządzeń suszarniczych. W okresie pierwszym następuje odparowanie z powierzchni materiału pokrytej wilgocią przy stałej temperaturze równej temperaturze mokrego termometru. Okres pierwszy suszenia kończy się po osiągnięciu krytycznej wilgotności materiału. Drugi okres suszenia charakteryzuje się spadkiem szybkości suszenia i wzrostem temperatury suszonego materiału. Jest to etap suszenia w którym proces kontrolowany jest przez przepływ wilgoci w kapilarach i przechodzeniem w procesie dyfuzji do gazu suszarniczego.

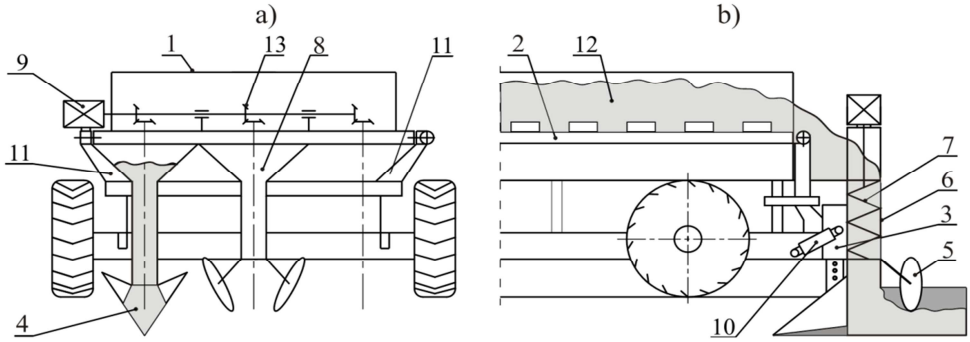
Naturalne warunki konserwacji metodą suszenia płodów rolnych sprzyjają prostym sposobom pozyskiwania ziół (zbieractwo, drobne powierzchnie upraw przydomowych). Rolnictwo komercyjne cechuje się znacznymi ilościami obrabianego materiału, np. pasze objętościowe, ziarno, a zatem wymagają specjalistycznych rozwiązań technicznych umożliwiających efektywne suszenie w podwyższonych temperaturach lub obniżonych (liofilizacja). Poszukując sposobów powiększenia rynku pracy w aspekcie lokalnych możliwości wykorzystania zasobów naturalnych lub produkcji i przetwórstwa w skali rozwiniętej działalności gospodarczej, zwrócono uwagę na problem produkcji ziół stosowanych w hodowli zwierząt [2, 19]. Rejon województwa podkarpackiego bardzo dobrze spełnia podstawowe warunki fizycznogeograficzne i społeczno-ekonomiczne do osiągnięcia przedstawionych celów oraz cechuje się brakiem zagospodarowania ok. 200 tys. ha nieużytków i ziem odłogowanych. W dalszej części opracowania pokazano przykłady rozwiązań instalacji suszarniczych, które można wykorzystać w suszeniu produktów zielarskich.

3. Wybrane propozycje mechanizacji produkcji zielarskiej

Istotny wpływ na efektywność ekonomiczną produkcji płodów rolnych mają: powierzchnia i plonowanie upraw, uważne zaznajomienie się z charakterystyką

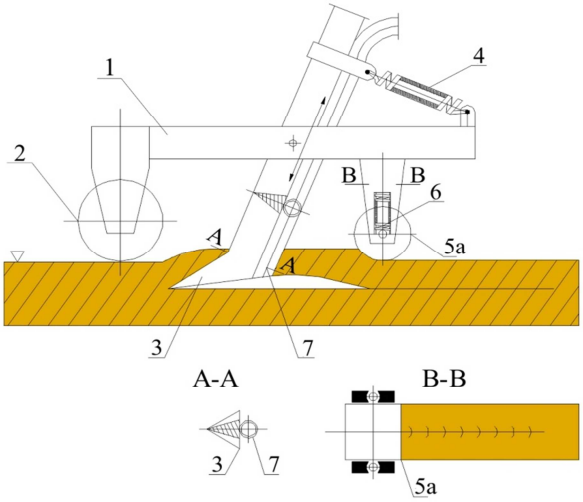
fizjologiczną uprawianych roślin oraz wykorzystywanie specjalistycznego sprzętu w mechanizacji prac polowych i obróbki plonu. W ostatnich latach w Politechnice Rzeszowskiej powstały konstrukcje nowych maszyn i urządzeń do stosowania w uprawach roślin energetycznych. Charakterystyczną cechą rozwiązań technicznych jest dostosowanie ich do wielkości areałów upraw – małe i średnie areały oraz hipsografii terenu. W przypadku produkcji ziół można wykorzystywać doglebowy dozownik do nawozów stałych [10] oraz ciekłych [9] przedstawione na rycinach 1 oraz 2.

Ryc. 1. Urządzenie do iniekcyjnego dawkowania do gleby sypkich nawozów organicznych i mineralnych, patent PL 382062 [9] – widok z tyłu (a) oraz z boku (b): 1 – rozrzutnik nawozów, 2 – rama nośna, 3 – belka, 4 – krój, 5 – obsypnik talerzowy, 6 – cylindryczna obudowa ślimaka, 7 – podajnik ślimakowy, 8 – komora zasypowa, 9 – silnik hydrauliczny, 10 – siłownik hydrauliczny, 11 – ramiona, 12 – nawóz, 13 – koło zębate stożkowe



Źródło: rys. T. Trzepieciński

Ryc. 2. Narzędzie do iniekcyjnego wprowadzania cieczy do gruntu [10]: 1 – rama, 2 – rolka, 3 – krój, 4, 6 – bezpieczniki, 5a – rolka dociskowa, 7 – rura doprowadzająca

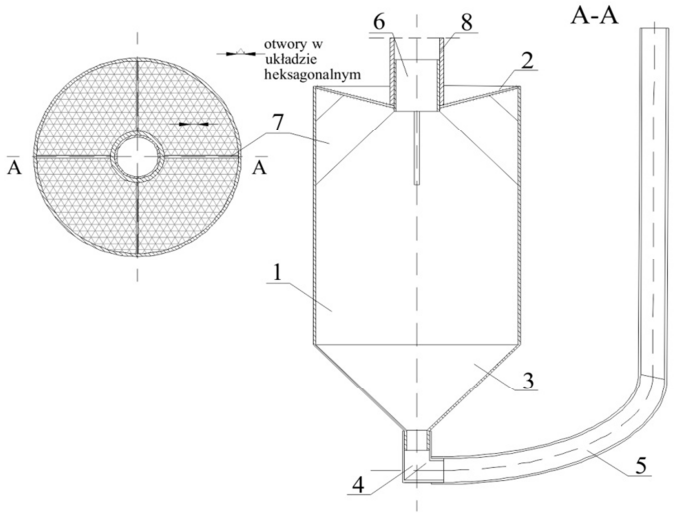


Źródło: rys. W. Niemiec

Zaletą zaprezentowanych rozwiązań jest możliwość podawania nawozów organicznych i sztucznych doglebowo z równoczesnym przykryciem ich warstwą gruntu, ograniczając w ten sposób utratę składników lotnych zawartych w nawozach.

W celu kontroli stanu środowiska gruntowo-wodnego lub stopnia przyswajalności składników nawozowych, opracowano konstrukcję lizymetru [11] (ryc. 3) umożliwiającą ciągły pobór próbek wód gruntowych do specjalistycznych badań.

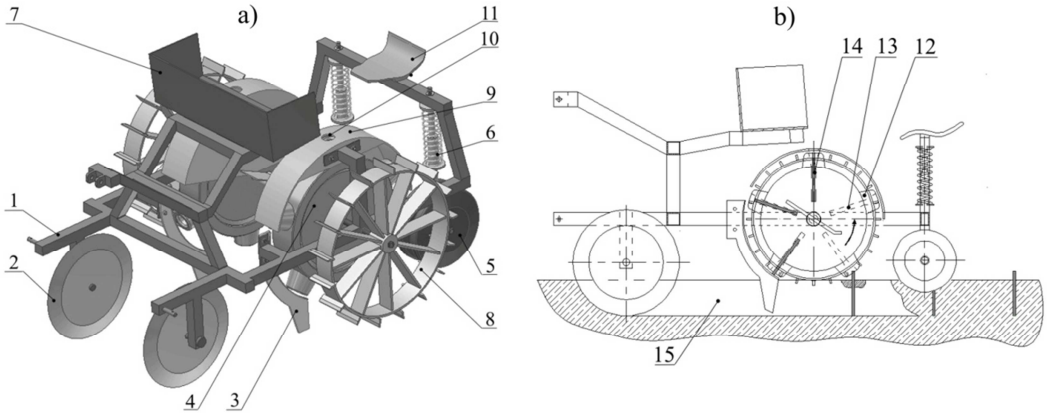
Ryc. 3. Schemat budowy urządzenia do zbierania i pomiaru infiltrującej wody w warunkach polowych [11]: 1 – zbiornik, 2 – perforowane wieko, 3 – stożkowe dno, 4 – króciec wylotowy, 5 – elastyczny przewód opróżniający, 6 – króciec, 7 – wsporniki, 8 – osłona króćca



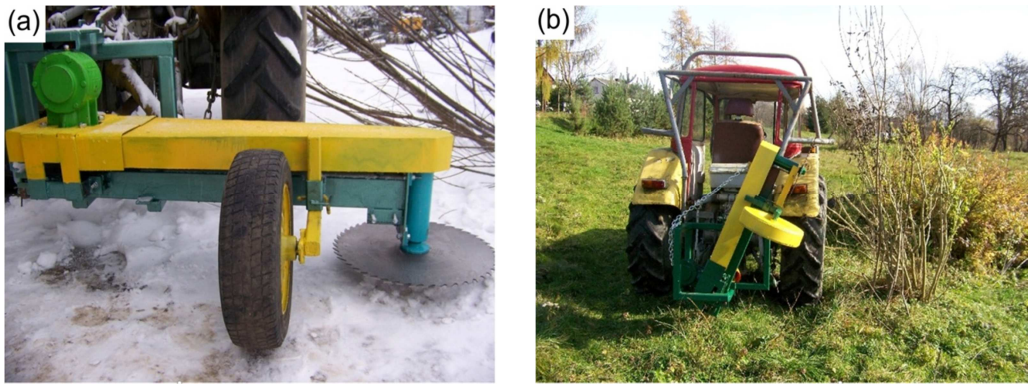
Źródło: rys. W. Niemiec

Do sadzenia wybranych gatunków ziół można wykorzystać sadzarkę dostosowaną do każdego typu ciągnika, według pomysłu opisanego we wzorze użytkowym W-119940 (ryc. 4) [16]. Do zbioru plonu, szczególnie roślin łodygowych, można zastosować kosiarkę według patentu P–213402 [15], przedstawioną na fotografiach 1a, 1b.

Ryc. 4. Sadzarka zrzezów roślin o zdrewniałych pędach; widok ogólny (a) i przekrój sekcji roboczej (b) [16]: 1 – rama nośna, 2 – krój tarczowy, 3 – listwa kalibrująca, 4 – bęben dozujący, 5 – koła dociskowe, 6 – sprężyna, 7 – zasobnik na zrzezy, 8 – koło, 9 – osłona, 10 – otwór, 11 – siedzisko, 12 – sekcja dogniatająca, 13 – otwór nieprzelotowy, 14 – zrzez, 15 – rowek



Źródło: rys. T. Trzepieciński



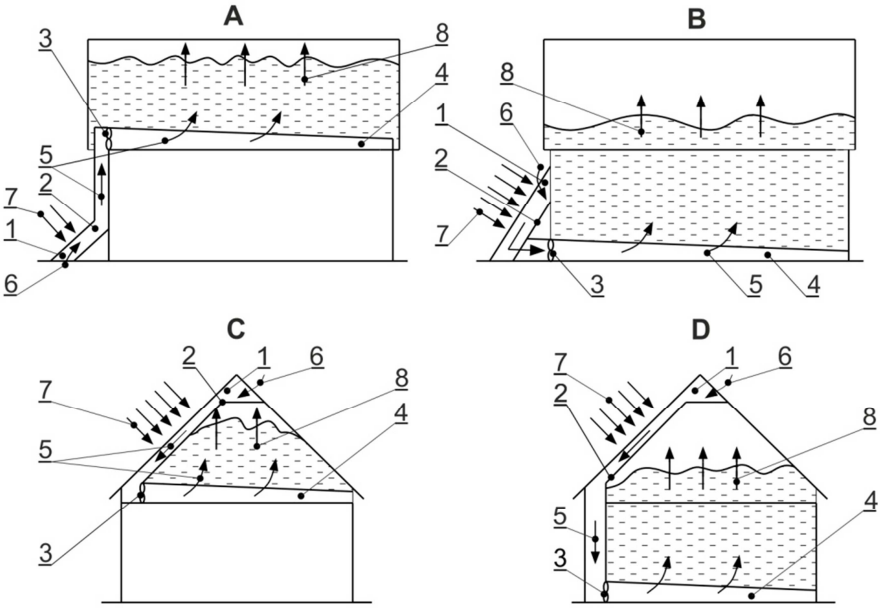
Fot. 1. Kosiarka do drzewiastych roślin w położeniu roboczym (a) oraz transportowym (b). W. Niemiec, S. Skiba, W. Ślenzak, *Kosiarka do drzewiastych roślin,* patent P-213402, 2008.
Źródło: fot. W. Niemiec

4. Suszarnictwo roślin zielarskich

Rolnictwo charakteryzuje się znaczącą liczbą energochłonnych procesów technologicznych. Taka sytuacja najczęściej spowodowana jest koniecznością utrzymania kinetyki procesu suszenia dużych ilości materiału o wysokiej wilgotności lub uniezależnienia od niekorzystnych warunków atmosferycznych, wówczas gdy takie wystąpią. W przypadku suszenia materiałów objętościowych np. zielonek przeznaczonych na pasze, problem sprowadza się do takiego skonstruowania suszarni, by osiągnąć pożądane parametry suszenia (powierzchnia, warunki hydrauliczne panujące w złożu, temperatura) w suszarni, przy minimum dostarczanej ilości czynnika suszarniczego. Klasycznym przypadkiem w tym zakresie są suszarnie do siana i ziół. Ubiegłe lata

(60.–90.) XX w., były między innymi okresem intensywnych badań procesów suszarniczych w konserwacji płodów rolnych [1, 4, 5, 7, 14]. Opracowano proste konstrukcje polowych i przyzagrodowych suszarni do siana z materiałów lokalnych takich jak: żerdzie, drewno odpadowe (ryc. 5). Przepływ powietrza otoczenia lub ogrzewanego z wykorzystaniem specjalistycznych pieców na paliwa stałe i ciekłe, uzyskiwano poprzez stosowanie wentylatorów o dużej wydajności.

Ryc. 5. Podstawowe zasady instalowania kolektorów słonecznych w zabudowaniach gospodarskich; A – przyścienny z suszarnią na poddaszu, B – przyścienny z suszarnią w stodole, C – poddachowy z suszarnią na poddaszu, D – poddachowy z suszarnią w stodole: 1 – wlot powietrza, 2 – kolektor, 3 – wentylator, 4 – kanał rozprowadzający, 5 – powietrze ogrzane, 6 – powietrze otoczenia, 7 – promieniowanie słoneczne, 8 – powietrze wilgotne



Źródło: Opracowano na podstawie: W. Niemiec, K. Król, Poddachowe i przyścienne kolektory do dosuszania płodów rolnych, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa, 1994c, s. 1–4.

Urządzenia suszarnicze można podzielić według różnych kryteriów, np. biorąc pod uwagę mechanizm suszenia: **suszarki konwekcyjne** (wilgoć z materiału pobierana jest przez strumień gazu suszarniczego: suszarki taśmowe, bębnowe, fluidalne, pneumatyczne, rozpryskowe), i **suszarki kontaktowe** (materiał styka się z gorącą powierzchnią komór walcowych).

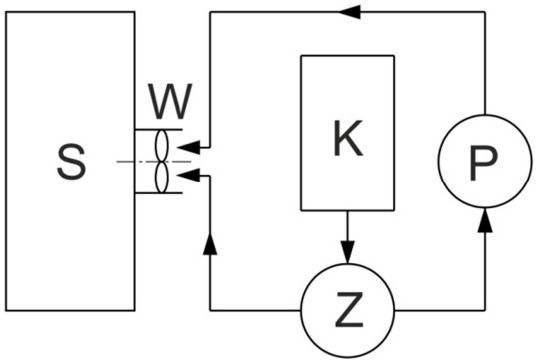
Energia niezbędna do realizacji procesów suszenia może być dostarczana z wykorzystaniem promieni podczerwonych, prądu wysokiej częstotliwości, ciśnienia, próżni. Sposób realizacji przepływu powietrza w odniesieniu do suszonego materiału może być współprądowy, przeciwprądowy, krzyżowy, okresowy lub ciągły.

Tradycyjny sposób konserwacji pasz objętościowych w rolnictwie polega na wykorzystaniu energii słonecznej, jako siły napędowej kinetyki suszenia i prostych urządzeń ułatwiających przepływ powietrza suszarniczego przez suszone złoże (półki, podłogi suszarnicze, kanały przepływu powietrza). Osiągnięcie ekonomicznie uzasadnionej kinetyki suszenia to przede wszystkim zdefiniowanie celu suszenia, znajomość fizycznej i chemicznej charakterystyki suszonego materiału i jego ilości, właściwy dobór typu suszarni i jej szczegółów konstrukcyjnych oraz charakterystyki terenu. W przypadkach lokalizacji suszarni z uwzględnieniem źródła ciepła planowanego do wykorzystania w procesie suszenia, hipsografii terenu oraz jego pokrycia, szczególnie szatą roślinną, można uniknąć wielu błędów, a zatem kosztownych strat w realizacji procesu.

Podczas magazynowania materiałów higroskopijnych i źle realizowanego procesu suszenia mogą wystąpić warunki sprzyjające samozapłonowi np. magazyny węgla i pasz objętościowych (magazynowanie wilgotnego siana w stodołach) i inne przypadki spotykane w technologiach procesów biochemicznych realizowanych w przemyśle oraz obróbce surowców pochodzenia rolniczego. W przypadkach suszenia ziół szczególne znaczenie posiada reżim temperaturowy i wpływ natężenia promieniowania słonecznego (UV), które to parametry mogą mieć istotne znaczenie w odniesieniu do zachowania jakości surowca pod względem zawartości pozyskiwanych składników.

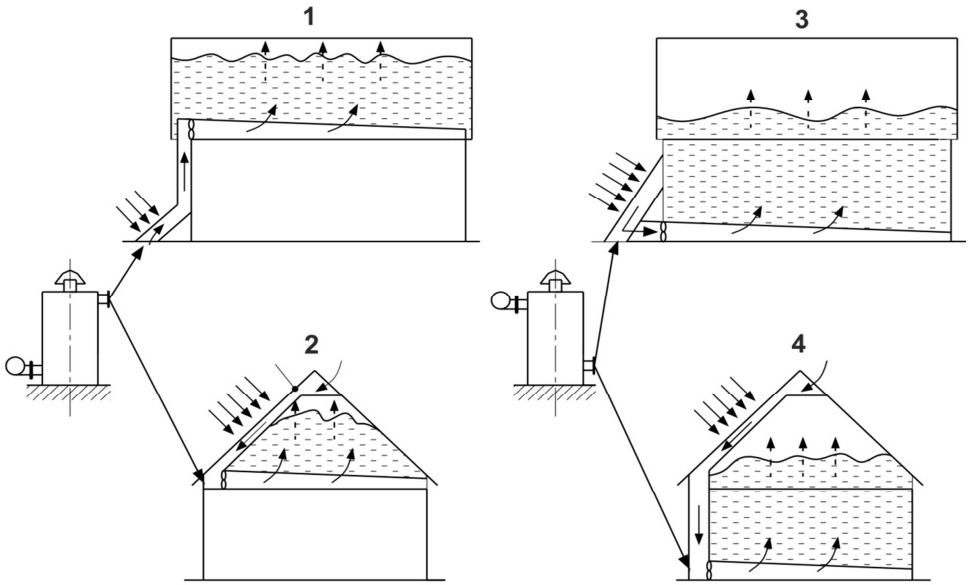
Poszukując sposobów obniżenia energochłonności w suszarnictwie płodów rolnych, a w szczególności pasz objętościowych i ziół, opracowano przykłady ukazujące możliwość współpracy powietrznego kolektora słonecznego (ryc. 5) i specjalnej konstrukcji pieca na paliwa stałe, ciekłe i gazowe do ogrzewania powietrza suszarniczego w suszarniach pasz objętościowych i ziół (ryc. 6 ryc. 7). Piec umożliwia spalanie różnych postaci biomasy; preferowana biomasa to zrębki i pellet.

Ryc. 6. Schemat instalacji urządzeń w suszarni: S – pomieszczenie suszarni, W – wentylator, K – kolektor słoneczny, Z – zasuwa trójdrożna, P – piec



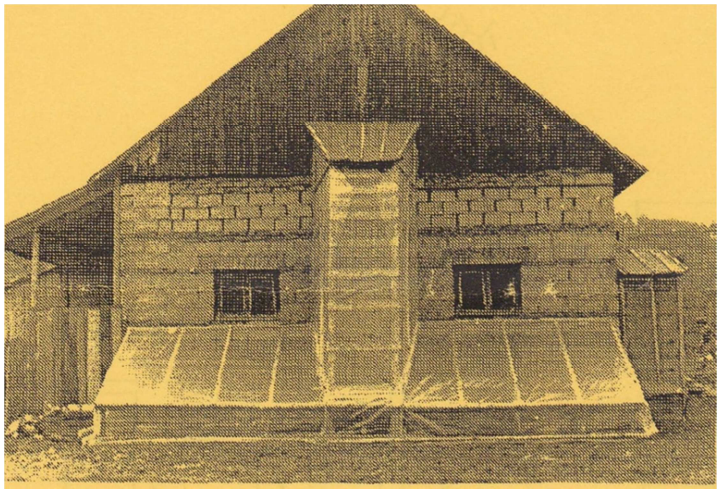
Źródło: rys. W. Niemiec

Ryc. 7. Zasada współpracy specjalistycznego pieca z suszarniami wyposażonymi w kolektory słoneczne na poddaszu i w stodole: 1, 3 – kolektor przyścienny; 2, 4 – kolektor poddachowy

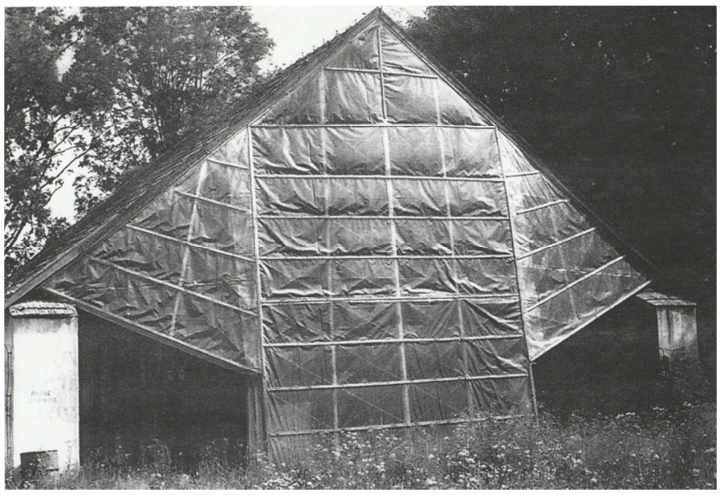


Źródło: Opracowanie własne

Suszarnia zasilana jest w zależności od stanu atmosfery i wymaganych parametrów suszenia z kolektora słonecznego lub pieca. W celu maksymalnego wykorzystania energii promieniowania słonecznego, powietrze do pieca doprowadza się zawsze po wstępnym ogrzaniu go w kolektorze. Powietrze po przepływie przez kolektor jest doprowadzane do komory spalania w piecu i do komory wymiany ciepła pomiędzy komorą spalania i powietrzem ogrzewanym doprowadzanym do suszarni. W przypadkach występowania korzystnych stanów atmosfery (temperatura, wilgotność) można doprowadzić ogrzane powietrze w kolektorze, wprost do suszarni. W bilansie energii niezbędnej do procesu suszenia, znaczącą pozycję może zająć energia podgrzanego powietrza w kolektorze. Możliwości konstrukcji prostych i tanich kolektorów słonecznych wykonywanych w ubiegłych latach jest wiele. Przykładowe rozwiązania przedstawiono na fotografiach 2 oraz 3 [12, 13], pokazano kolektor usytuowany na ścianie obory lub na ścianie stodoły. Kolektory wykonuje się z zachowaniem podstawowego warunku, jakim jest optymalne oświetlenie promieniami słonecznymi powierzchni foliowego kolektora lub połaci dachu stodoły czy też budynku inwentarskiego.



Fot. 2. Suszarnia z kolektorem przyściennym
Źródło: W. Niemiec, K. Król, Suszarnie do ziół, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa 1994b, s. 1–4.



Fot. 3. Przyścienny kolektor do dosuszania płodów rolnych
Źródło: W. Niemiec, K. Król, Poddachowe i przyścienne kolektory do dosuszania płodów rolnych, Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa, 1994c, s. 1–4.

5. Wykorzystanie kolektorów słonecznych

Do najważniejszych produktów rolnych poddawanych procesowi suszenia zaliczamy zielonki, ziarno zbóż, surowce zielarskie, warzywa oraz owoce, nasiona warzyw oraz drewno. Suszenie tych produktów odbywa się w warunkach tzw. nisko- lub średniotemperaturowych konwekcyjnego procesu suszenia, z temperaturą powietrza nieprzekraczającą 40°C [6]. W tych warunkach kolektory słoneczne mogą stanowić alternatywę w stosunku do innych sztucznych metod suszenia, tym bardziej że zapotrzebowanie na ciepło na cele suszarnicze w okresie zbioru roślin zielarskich pokrywa

się z okresem największego promieniowania słonecznego. Badania [18] wskazują, że wykorzystanie powietrznych kolektorów słonecznych wspomaganych modułami fotowoltaicznymi umożliwia kontrolowane suszenie produktów rolnych oraz grzybów. W kolektorach powietrznych czynnikiem roboczym jest powietrze. Rozwiązania te posiadają prostą budowę, są stosunkowo tanie w instalacjach, a ich wykorzystanie w celach suszarniczych, z dostosowaniem do indywidualnych potrzeb, nie wymaga zaawansowanej wiedzy i oprzyrządowania [22]. Wykorzystanie technologii suszenia opartych na energii słonecznej umożliwia zmniejszenie o 20–30% zużycia energii w suszarnictwie rolniczym [6]. Chcąc racjonalnie zastosować kolektory słoneczne, należy każdorazowo przeanalizować obiekt pod kątem cech konstrukcyjnych możliwych do wykorzystania w trakcie budowy (więźba dachowa, rodzaj pokrycia) oraz warunków procesowych (usytuowanie względem stron świata, wielkość suszarni, rodzaj i ilość dosuszanego materiału) [8, 12].

6. Podsumowanie

W celu uzyskania wysokiej jakości surowców zielarskich, w trakcie suszenia niezbędne jest zachowanie podstawowych parametrów technologicznych (czas, temperatura) zbliżonych do naturalnych warunków panujących w przyrodzie. Kolektory słoneczne poddachowe zaleca się stosować przy korzystnym nasłonecznieniu połaci dachów krytych blachą lub dachówką. Przy niekorzystnym usytuowaniu powierzchni dachu w stosunku do słońca można stosować kolektory przyścienne. Korzyścią suszenia roślin zielarskich w budynkach wyposażonych w kolektory słoneczne jest wyeliminowanie szkodliwego efektu ultrafioletowego promieniowania słonecznego i minimalizacja utraty olejków eterycznych. Stosowanie kolektorów umożliwia także większe uniezależnienie się rolników od warunków pogodowych, a tym samym racjonalne planowanie prac w gospodarstwie.

Bibliografia

1. Biłowicki J., *Badania dosuszania siana łąkowego w stertach tunelowych*, Biuletyn Informacyjny Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, nr 4, Warszawa 1965, s. 26–32.
2. Budny A., Kupczyński R., Sobolewska S., Korczyński M., Zawadzki W., *Samolecznictwo i ziołolecznictwo w profilaktyce i leczeniu zwierząt gospodarskich*, Acta Scientiarum Polonorum. Medicina Veterinaria, t. 11, nr 1, 2012, s. 5–24.
3. Główny Urząd Statystyczny, *Biuletyn Statystyczny*, Warszawa 2013, s. 208–215.
4. Kulik T., Pabis S., *Opracowanie, wykonanie i wstępne badania dwu modeli podgrzewaczy powietrza na paliwo ciekłe w gospodarstwie rolnym*, Biuletyn Informacyjny Instytutu Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Warszawie, nr 12, Warszawa 1969, s. 85–92.
5. Kulik T., Pabis J., *Zastosowanie podgrzewaczy powietrza konstrukcji IBMER na paliwo ciekłe,* nr 7, 1971, s. 39–42.

6. Kwasiborski M., *Wykorzystanie słonecznych systemów energetycznych w procesach suszenia produktów biologicznych*, http://www.nfosigw.gov.pl/gfx/nfosigw/userfiles/ files/aktualnosci/2010/kwiecien/prace_magisterskie/michal_kwasiborski.pdf, (dostęp: 29.07.2017).
7. Niemiec W., *Badanie składu spalin pochodzących z pieca do spalania trocin*, Problemy Inżynierii Rolniczej, nr 2, 1995, s. 101–112.
8. Niemiec W., *Ekologiczna energooszczędna technologia suszenia produktów rolniczych z wykorzystaniem energii słonecznej,* Zeszyty Naukowe Politechniki Lwowskiej, nr 2, 1999, s. 337–340.
9. Niemiec W., *Urządzenie do iniekcyjnego dawkowania do gleby sypkich nawozów organicznych i mineralnych*, patent P–214031, 2008.
10. Niemiec W., *Urządzenie do wprowadzania cieczy pod powierzchnię gleb i łąk*, wzór użytkowy W–39050, 1985.
11. Niemiec W., *Urządzenie do zbierania i pomiaru infiltrującej wody w warunkach polowych*, wzór użytkowy W–64580, 2007.
12. Niemiec W., Król, K., *Suszarnie do ziół,* Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa 1994b, s. 1–4.
13. Niemiec W., Król, K., *Poddachowe i przyścienne kolektory do dosuszania płodów rolnych,* Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa 1994c, s. 1–4.
14. Niemiec W., Michna G., *Wykorzystanie kolektorów słonecznych do dosuszania siana*, Przegląd Hodowlany, nr 6, 1991, s. 29–30.
15. Niemiec W., Skiba S., Ślenzak W., *Kosiarka do drzewiastych roślin*, patent P–213402, 2008.
16. Niemiec W., Stachowicz F., Trzepieciński T., *Sadzarka zrzezów roślin o zdrewniałych pędach*, wzór użytkowy W-119940, 2011.
17. Olewnicki D., Jabłońska L., Orliński P., Gontar Ł., *Zmiany w krajowej produkcji zielarskiej i wybranych rodzajach przetwórstwa roślin zielarskich w kontekście globalnego wzrostu popytu na te produkty*, Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, t. 15, z. 1, 2015, s. 68–76.
18. *Odnawialne źródła energii w gospodarstwach rolnych*, Centrum Doradztwa Rolniczego, Brwinów 2013, s. 1–44.
19. Radkowska I., *Wykorzystanie ziół i fitogenicznych dodatków paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich*, Wiadomości Zootechniczne, t. 51, nr 4, 2013, s. 117–124.
20. Seidler-Łożykowska K., *Hodowla i odmiany roślin zielarskich*, Hodowla roślin i nasiennictwo, nr 3, 2009, s. 16–20.
21. Śledź M., Witrowa-Rajchert D., *Składniki biologicznie czynne w suszonych ziołach – czy ciągle aktywne?*, Problemy Nauk Biologicznych, t. 61, nr 2, 2012, s. 319–329.

Źródła internetowe

22. http://www.sol-aris.mistrz.com.pl/Mozliowsci%20wykorzystania%20slonca%20w%20 rolnictwie-abstract.pdf, (dostęp: 29.07.2017).