

AGROFIZYCZNE SYSTEMY MONITOROWANIA PROCESU PRODUKCJI BEZPIECZNEJ ŻYWNOŚCI

A. Bieganowski, P. Baranowski, R.T. Walczak

Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: biegan@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Celem niniejszej pracy jest przedstawienie agrofizyki jako jednej z dyscyplin naukowych podejmujących zagadnienia związane z procesem produkcji bezpiecznej żywności, a w szczególności z możliwością wykorzystania w tym procesie agrofizycznych metod badawczych. Metody te dają możliwość monitorowania i/lub kontrolowania zarówno procesu produkcji jak i wyrobu finalnego.

Słowa kluczowe: agrofizyka, bezpieczna żywność, metrologia agrofizyczna.

WSTĘP

Agrofizyka jest interdyscyplinarną nauką zajmującą się wykorzystaniem metod fizycznych do badania właściwości materiałów i produktów rolniczych oraz procesów w układach: gleba-roślina-atmosfera, roślina-maszyna-plody rolne, zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej oraz nowoczesnych technologii przetwórczych ze szczególnym uwzględnieniem jakości surowców i produktów żywnościowych.

Etymologia słowa *agrofizyka* wskazuje na przedmiot badań (gleby, rośliny oraz materiały pochodzenia roślinnego i zwierzęcego) jak i na charakterystyczny dla fizyki, a zatem wszystkich nauk przyrodniczych i technicznych warsztat naukowy (ściśle definiowanie badanych wielkości, pomiar, monitoring, analiza i interpretacja wyników oraz modelowanie).

Jak pośrednio wynika z definicji, a bezpośrednio z codziennej praktyki, badania agrofizyczne mogą być skutecznie realizowane jedynie przez zespół specjalistów reprezentujących wiele nauk, w tym m. in.: fizykę, chemię, matematykę, rolnictwo,

biologię, geografię, technikę rolniczą. Przy obecnym poziomie rozwoju jedna osoba nie może ogarnąć wiedzy ze wszystkich tych specjalności. Jedynie zespół obejmujący specjalistów z wielu dziedzin jest w stanie rozwiązywać problemy związane z szeroko pojętymi naukami rolniczymi (agronomia, inżynieria rolnicza, nauki leśne, technologia żywności, weterynaria) poprzez postawienie prawidłowych, problemowych pytań, dobór odpowiednich dla badanych obiektów metod badawczych oraz, często niekonwencjonalną, analizę i interpretację wyników.

CEL

Praca jest wynikiem dyskusji w lubelskim środowisku agrofizyków po pierwszym spotkaniu koordynatorów nowo powstającej sieci „Bezpieczna żywność”.

Celem pracy jest podsumowanie tej dyskusji i ukazanie agrofizyki jako jednej z dyscyplin naukowych, podejmujących zagadnienia związane z procesem produkcji bezpiecznej żywności, a w szczególności z możliwością wykorzystania w tym procesie agrofizycznych metod badawczych.

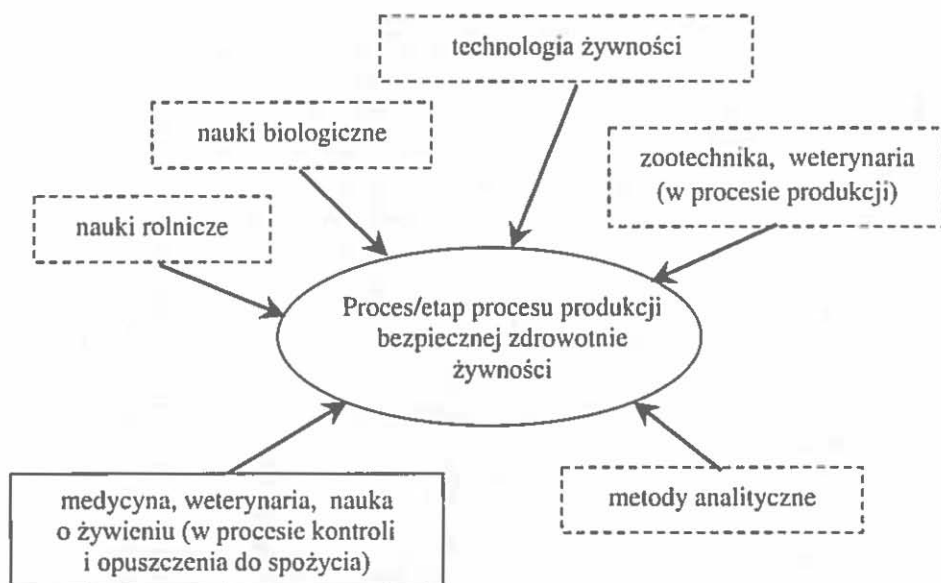
STRONY ZAINTERESOWANE PROCESEM PRODUKCJI BEZPIECZNEJ ŻYWNOCI

Można wyróżnić pięć głównych grup specjalistów, którzy współpracując ze sobą powinni definiować poszczególne procesy/etapy i sposoby ich monitorowania i gromadzenia danych, modelowanie tych procesów z określeniem niezbędnych danych wejściowych i wyjściowych, a także sposoby analizy i interpretacji wyników badań. Schematyczne przedstawienie stron zainteresowanych produkcją bezpiecznej żywności przedstawiono na Rys. 1.

Próba kompleksowego spojrzenia na procesy produkcji żywności, powinna prowadzić do wskazania:

- najważniejszych problemów jakie pojawiają się na różnych etapach realizacji procesów produkcji żywności, ponieważ mają one bezpośredni i pośredni wpływ na jakość produktu finalnego;
- zakresów informacji i kanałów komunikowania się pomiędzy poszczególnymi podmiotami odpowiedzialnymi za kolejne etapy procesu produkcji żywności.

Dużą szansą na realizację powyższego postulatu jest Sieć – „Bezpieczna żywność” skupiająca zarówno praktyków jak i przedstawicieli różnych ośrodków naukowych z wielu dziedzin. I w tym też kontekście swoją rolę widzą przedstawiciele agrofizyki biorący udział w pracach Sieci.



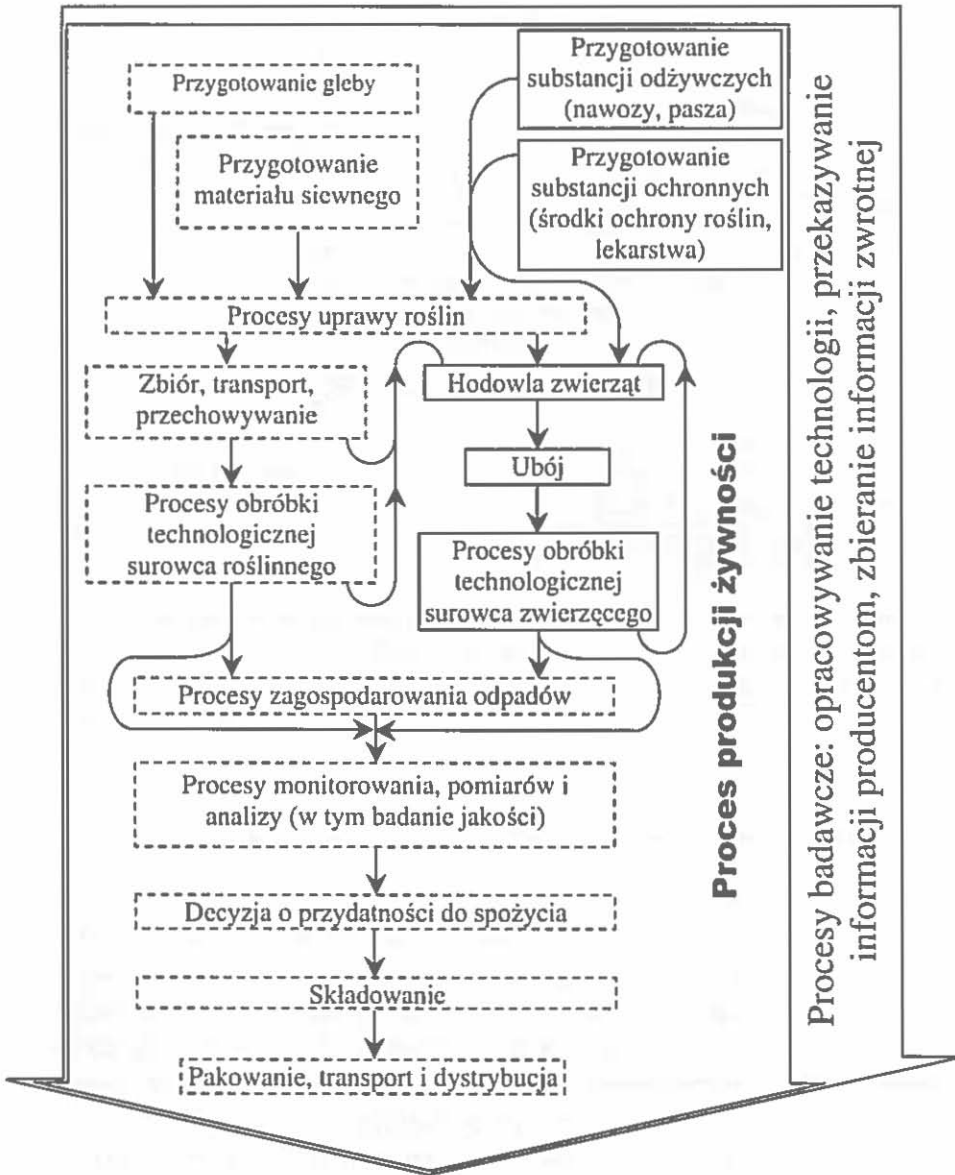
Rys. 1. Nauki wnoszące swój wkład w proces doskonalenia produkcji bezpiecznej żywności. Linia przerywaną zaznaczono te nauki, z którymi współpracują agrofizycy.

Fig. 1. Disciplines of science giving their contribution to the process of improvement of safe food production. Dashed line marks these disciplines which are the subject of co-operation with agrophysicists.

MIEJSCE AGROFIZYKI W PROCESIE PRODUKCJI ŻYWNOŚCI

Na proces produkcji bezpiecznej żywności składa się wiele podprocesów. Ważne jest to, że podprocesy te realizowane są przez różne i niezależne od siebie podmioty. Jakość wyrobu końcowego, jakim jest bezpieczna żywność, zależy od jakości wszystkich etapów pośrednich. Innymi słowy, każdy etap (niezależnie czy na początku czy na końcu procesu) może spowodować zagrożenie dla zdrowia konsumentów, a wyeliminowanie tego zagrożenia, o ile jest możliwe, wymaga bardzo dużych nakładów finansowych i pracy ludzkiej.

Na Rys. 2 przedstawiono schematycznie etapy, które mogą być wydzielone w procesie produkcji bezpiecznej żywności. Biorąc pod uwagę stopień uogólnienia zagadnienia, schemat ten należy traktować bardziej jako rysunek poglądowy, wskazujący na występowanie poszczególnych etapów i ułatwiający dalsze rozważania niż na rzeczywisty ciąg technologiczno-chronologiczny. W rzeczywistości poszczególne podprocesy zazębiają się ze sobą (np. transport czy magazynowanie mogą dotyczyć



Rys. 2. Schemat podprocesów, które można wydzielić w procesie produkcji zdrowej żywności. Linia przerywaną oznaczono procesy, którymi zajmuje się m.in. agrofizyka.

Fig. 2. Scheme of sub-processes that can be distinguished in the process of safe food production. Dashed line marks processes which are among others the subject of agrophysics interest.

zarówno materiału siewnego, zebranego surowca jak i przetworzonych produktów gotowych), a każdy z nich jest tak szerokim zagadnieniem, że pole do aktywności znajdują przedstawiciele różnych nauk związanych z rolnictwem, techniką, medycyną, chemią czy ekonomią i zarządzaniem.

Interdyscyplinarność agrofizyki wynikająca z jej definicji uzasadnia fakt, że agrofizycy widzą siebie jako specjalistów wspomagających w wielu etapach procesu produkcji bezpiecznej żywności.

DWA ASPEKTY ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA ŻYWNOŚCI

Zapewnienie bezpieczeństwa w procesie produkcji bezpiecznej żywności zawiera w sobie dwa, przenikające się nawzajem, aspekty:

- eliminowanie ryzyka związanego z dopuszczeniem do spożycia żywności nie spełniającej standardów bezpieczeństwa. Realizowane jest to przede wszystkim w oparciu o analizowanie/kontrolowanie jakości żywności,
- monitorowanie procesu/etapu produkcji bezpiecznej żywności.

Wynikiem pierwszego z zaprezentowanych aspektów jest ciągły rozwój metod analitycznych, pozwalających na coraz doskonalsze określenie rodzaju i stopnia zanieczyszczeń. Na tej podstawie osoby upoważnione do podejmowania decyzji kwalifikują poszczególne gleby lub produkty spożywcze jako spełniające lub nie spełniające wymagania. Takie podejście minimalizuje bezpośrednie zagrożenie poprzez eliminację żywności skażonej. Nie daje jednak 100% gwarancji „wychwycenia” wszystkich skażonych partii. Poza tym kontrolowanie i ewentualna eliminacja są drogie i na pewno nie powinny być traktowane jako jedyny sposób zapewnienia bezpieczeństwa. Trzeba więc poszukiwać rozwiązań, które pozwolą na wcześniejszych etapach eliminować zagrożenia i to zarówno poprzez usuwanie niebezpiecznych półproduktów jak i monitorowanie i ingerencję w proces produkcji.

Drugi z prezentowanych aspektów zawiera w sobie podejście systemowe. Filozofia tego podejścia opiera się na założeniu, że należy w pełni „zapanować” nad procesem produkcji. Dzięki temu możliwe będzie wytwarzanie wyrobów, które są nie tylko bezpieczne, ale i powtarzalne w swoich właściwościach. Takie podejście daje szansę na wyeliminowanie skażonej żywności na wszystkich etapach produkcji i jednocześnie możliwość szybkiej i skutecznej reakcji opartej na następujących informacjach:

1. Skąd pojawiło się skażenie produkowanej żywności?
2. Jakie kroki należy podjąć aby w przyszłości zminimalizować prawdopodobieństwo podobnego skażenia?

3. Czy możliwe jest takie prowadzenie i monitorowanie procesu produkcji żywności aby jak najwcześniej wykrywać skażenia, a przez to ograniczać straty finansowe?

Agrofizyka może być wykorzystana w obydwu podejściach. Na przykład ma swój udział w obecnym opracowywaniu norm gwarantujących zrównoważoną eksploatację gleb [3,4,7] (warto zauważyć, że problem jakości gleb był do tej pory odsuwany ze świadomości normodawców. O ile powietrze i woda już dosyć dawno doczekały się standardów określających ich jakość, o tyle gleby były przez długi czas „spychane” na plan dalszy. Dopiero w chwili obecnej trwają prace nad opracowaniem odpowiednich międzynarodowych norm). Z drugiej strony opracowane przez agrofizyków (reprezentujących różne uczelnie oraz instytuty naukowe) metody pomiarowe pozwalają monitorować procesy na różnych etapach produkcji bezpiecznej żywności. Przykładami mogą być poniżej zacytowane prace realizowane w Instytucie Agrofizyki PAN (w tym we współpracy z innymi jednostkami):

1. Zagadnienia dotyczące określania jakości materiału siewnego:
 - Kolorymetryczna metoda badania uszkodzeń zewnętrznych ziarna [22,23];
 - Rentgenowska analiza uszkodzeń wewnętrznych ziarna [8,16];
 - Wykorzystanie termografii do określania zdolności kiełkowania nasion [2];
2. Zagadnienia dotyczące przygotowanie gleby do procesu produkcji roślinnej:
 - Modelowanie procesów rzeczywistych zachodzących w systemie gleba-roślina-atmosfera ze szczególnym uwzględnieniem ośrodka glebowego i systemu korzeniowego, oraz opracowanie metod i aparatury pomiaru wielkości opisujących te procesy [20];
 - Wykorzystanie techniki TDR do pomiaru wilgotności, przewodnictwa elektrycznego oraz temperatury gleby [15];
 - Detekcja stanu fizjologicznego pokrywy roślinnej dużych obszarów uprawowych z wykorzystaniem zobrażeń termalnych, w tym określanie intensywności ewapotranspiracji oraz lokalizacji obszarów zaatakowanych przez choroby lub insekty [1];
 - Określanie wpływu stanu natleniania gleby na zawartość i przyswajalność makro i mikro składników przez rośliny oraz ich plonowanie w zależności od fazy rozwojowej. Do charakterystyki stanu natleniania gleby wykorzystuje się takie parametry natleniania jak: natężenie dyfuzji tlenu (ODR) i potencjał oksydo-redukcyjny (Eh). Wyznacza się wartości ODR, przy których następuje obniżenie pobierania składników pokarmowych [21];

- Wykorzystania stanu oksydoredukcyjnego do oceny akumulacji cynku i manganu w roślinach uprawnych na polach irygowanych ściekami miejskimi [13].
 - Metody analizy pobierania metali ciężkich przez rośliny na polach irygowanych ściekami miejskimi [17].
3. Zagadnienia dotyczące zbioru, transportu i obróbki surowców pochodzenia roślinnego:
- Opracowana w Instytucie Agrofizyki technologia zbioru rzepaku, zapobiegająca stratom plonu (głównie przez zmniejszenie liczby ziaren uszkodzonych) i umożliwiająca uzyskanie czystości nasion w granicach 94-98% [18,19];
 - Metoda porozymetryczna wyznaczania porowatości i powierzchni właściwej w ekstrudatach skrobiowych (z kukurydzy, pszenicy i ryżu) [11,12];
 - Badania właściwości mechanicznych roślin i owoców rolnych przy pomocy aparatury INSTRON [5, 6];
 - Wykorzystanie mechaniki materiałów ziarnistych do charakterystyki sypkich surowców i produktów spożywczych [9];
 - Zastosowanie chemometrii widm odbiciowych do badania jakości jabłek [14];

KONTROLA ŻYWNOŚCI A MONITOROWANIE PROCESU PRODUKCJI ŻYWNOŚCI

Aby lepiej zrozumieć udział agrofizyki w przedstawionych powyżej aspektach zapewnienia produkcji bezpiecznej żywności należy zdefiniować pojęcia *kontroli* i *monitorowania*.

Kontrola to „*ocenianie zgodności przez obserwację i orzecznictwo w połączeniu z pomiarami, przeprowadzaniem badań lub stosowaniem sprawdzianów*” [10].

Monitorowanie to badanie określonych wielkości w czasie i przestrzeni, kontrolowanie czy te wielkości mieszczą się w założonym przedziale i w przypadku wykroczenia poza zakres taka regulacja procesu, aby doprowadzić do optimum.

Z zaprezentowanych definicji wynika, że pojęcie monitorowania jest szersze i zawiera w sobie element kontroli. Jest to logiczne choćby z tego punktu widzenia, że wyrób jest efektem procesu.

Problematyka monitorowania procesów znalazła w praktyce bardzo mocny wydźwięk w nowej edycji norm ISO 9000 z 2000 roku oraz w Systemie Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli – HACCP. Warto, aby środowiska naukowe wykorzystywały w swoich pracach oba te narzędzia praktyków.

PODSUMOWANIE

Agrofizyka znajduje i powinna rozszerzać swoje zastosowanie w problematyce produkcji bezpiecznej żywności poprzez opracowywanie systemów monitorowania i/lub modelowania poszczególnych procesów, zwłaszcza na etapie produkcji, zbioru, przetwórstwa i magazynowania surowców oraz produktów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Pozwala to na wczesną identyfikację, a dzięki temu eliminację zagrożeń dla zdrowia konsumentów.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baranowski P., Mazurek W., Walczak R.T.:** Zastosowanie termografii do badania stresu wodnego roślin i ewapotranspiracji rzeczywistej. Monografia. Acta Agrophysica, 21, 1999.
2. **Baranowski P., Mazurek W., Walczak R.T.:** Obserwacje termograficzne nasion we wstępnej fazie ich pęcznienia. V Konferencja Krajowa Termografia i Termometria w Podczterwieni, Ustroń, 2002.
3. **Bieganowski A., Persona A.:** Walidacja w metrologii agrofizycznej. Acta Agrophysica, 38, 15-27, 2000.
4. **Bieganowski A., Walczak R. T.:** Standaryzacja badań agrofizycznych i znaczenie akredytacji laboratoriów. Acta Agrophysica, 60, 21-26, 2002.
5. **Dobrzański jr. B., Rybczyński R.:** Właściwości mechaniczne i optyczne gruszek jako parametry oceny ich dojrzałości. Acta Agrophysica, 45, 61-68, 2001.
6. **Dobrzański jr. B., Szot B.:** Mechanical properties of pea seed. Agricultural Engineering and Rural Development, A Pergamon-CNPIEC Joint Venture, Beijing, China, II,D,12-16, 1992.
7. **Gliński J., Walczak R.T.:** Role of agrophysics in the concept of sustainable agriculture. Int. Agrophysics, 12, 25-32, 1998.
8. **Grundas S., Velikanov L., Archipov M.:** Importance of wheat grain orientation for the detection of internal mechanical damage by the X-ray method. Int. Agrophysics, 13, 355-361, 1999.
9. **Horabik J., Molenda M.:** Properties of Grain for Silo Strength Calculation. Physical Methods in Agriculture: Approach to Precision and Quality. Part 2. Properties and Quality. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 195-217, 2002.
10. ISO 9000:2000: System zarządzania jakością. Podstawy i terminologia.
11. **Jamroz J., Hajnos M., Sokolowska Z.:** Use of the mercury porosimetry technique to the porosity study of the wheat flour extrudates. Int. Agrophysics, 13, 445-449, 1999.
12. **Jamroz J., Sokolowska Z., Hajnos M.:** Moisture sorption hysteresis in potato starch extrudates. Int. Agrophysics, 13, 451-455, 1999.
13. **Kotowski M., Kotowska U.:** Uwalnianie i migracja glinu, cynku, miedzi i ołowiu w glebach bielicoziemnych pod wpływem zakwaszania. Acta Agrophysica, 31, 2000.

14. Kuczyński A., De Baedemacker J., Oszmiański J.: An optical reflectance method for studying the enzymatic browning reaction in apple. *Int. Agrophysics*, 8, 421-425, 1994.
15. Malicki M., Walczak R.: Evaluating soil salinity status from bulk electrical conductivity and permittivity. *European Journal of Soil Sci.* Sept. 50, 505-514, 1999.
16. Niewczas J., Grundas S., Ślipek Z.: The analysis of the increments of internal damage to wheat grain affected by dynamic loading. *Int. Agrophysics*, 8, 283-287, 1994.
17. Stępniewska Z., Baryła R., Kotowska U., Kupeczyk J.: Pobieranie metali ciężkich przez biomasę zbiorowisk trawiastych w warunkach zróżnicowanego nawadniania gleby ściekami po II stopniu oczyszczenia. *Acta Agrophysica*, 57, 113-118, 2001
18. Szot B., Stępniewski A.: Significance of the investigation of physical properties of plant raw material for food industry. *Int. Agrophysics*, 13, 411-415, 1999.
19. Szot B., Szpryngiel M., Grochowicz M., Tys J., Rudko T., Stępniewski A., Żak W.: Optymalna technologia pozyskiwania nasion rzepaku. Instrukcja wdrożeniowa. Lublin, 1-70, 1996.
20. Walczak R. The current trends of hydro- and thermophysical investigations in agrophysics Ed. J.Blahovec, Praha, 2001.
21. Włodarczyk T., Stępniewski W., Stępniewska Z., Brzezińska M., Bonnicelli R., Przywara G.: Effect of oxygen deficiency on the macroelement content of the soil (pot experiment with barley cv. Aramir vegetation). *Int. Agrophysics*, 15, 293-299, 2001.
22. Woźniak W., Niewczas J., Kudra T.: Internal damage vs. mechanical properties of microwave-dried wheat grain. *Int. Agrophysics*, 13, 259-268, 1999.
23. Woźniak W., Grundas S., Niewczas J.: Zastosowanie metody kolorymetrycznej i rentgenograficznej w badaniach uszkodzeń mechanicznych ziarna pszenicy. *Annales UMCS, Sekcja AAA*, vol. XLVI/XLVII, 469-475, 1991/1992.

AGROPHYSICS IN MONITORING THE PROCESS OF SAFE FOOD PRODUCTION

A. Bieganowski, P. Baranowski, R.T. Walczak

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: Biegan@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. The aim of this paper is to show agrophysics as one of the scientific disciplines undertaking the problems connected with the process of safe food production and especially with the possibility of application of the agrophysical research methods in this process. These methods give a chance to control the final product as well as to monitor the process of production.

Key words: agrophysics, safe food, agrophysical metrology.