



Techniki i technologie nawożenia TUZ z wykorzystaniem rolnictwa 4.0

dr hab. inż. Zbigniew Kogut

Plan prezentacji

- Wprowadzenie (podstawowe określenia i pojęcia)
- Warunki produkcyjne w technologiach nawożenia TUZ
- Technologia nawożenia nawozami mineralnymi
- Technologia nawożenia stałymi nawozami naturalnymi
- Technologia nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi
- Wybrane techniki rolnictwa 4.0
- Podsumowanie

TECHNIKA ROLNICZA: ogólnie –to ogół środków, sposobów i czynności związanych z wytwarzaniem dóbr materialnych w produkcji rolniczej [Słownik Wyrazów Obcych, Kopaliński, 1978];

szczegółowo –to tworzone przez człowieka środki materialne i składające się na wiedzę techniczną reguły postępowania się tymi środkami oraz ich projekty, stosowane do zdobywania, przekształcania i wykorzystywania dóbr materialnych w produkcji rolniczej [Encyklopedia Powszechna PWN 1995].

TECHNOLOGIA ROLNICZA: oznacza metodę przeróbki i przetwarzania materiałów w produkcji rolniczej, a także naukę o tej metodzie oraz innych metodach (tzn. technologiach).

W odniesieniu do *roślinnej produkcji rolniczej* bywa określana „**AGROTECHNOLOGIA**” i:

- jest nauką o sposobach stosowania i wykorzystywania maszyn i narzędzi w procesie produkcji roślinnej ściśle powiązanej ze środowiskiem glebowym (tzn. **nauką o sposobach produkcji /przetwarzania materiałów w określonych warunkach** technicznych i produkcyjnych);
- jest podporządkowana zasadom ekonomii działania, zwłaszcza **zasadzie trzech minimów: czasu, energii i kosztu**;

Wg Banasiaka [2008] jest to „nauka o sposobach realizacji procesu technologicznego”.

Proces technologiczny –to ustalone dla konkretnych warunków technicznych i produkcyjnych następujące po sobie czynności i operacje technologiczne (tzw. *Uporządkowany zbiór działań i funkcji*) niezbędne do wytworzenia pożądanego produktu. W rolnictwie czynności technologiczne bezpośredniego oddziaływania na glebę i rośliny (a także na zwierzęta produkcyjne) przyjęto nazywać **zabiegami**. Takim zabiegiem agrotechnicznym jest nawożenie.

Eksploatacja agregatów rolniczych (tj. ciągników, samobieżnych maszyn oraz narzędzi i maszyn rolniczych) –to **wykorzystywanie posiadanego przez nie zasobu funkcji do pracy zgodnej z przeznaczeniem.**

Na wynik eksploatacji mają wpływ, oprócz przyjętych rozwiązań konstrukcji i wartości parametrów technicznych elementów roboczych, także oferowane przez producenta regulacje.

Podstawową specyfiką polowej produkcji roślinnej jest zróżnicowanie warunków, w jakich pracują narzędzia i maszyny. Uzyskanie możliwie najlepszej jakości pracy agregatów rolniczych wymaga **dostosowania ich konstrukcji przez użytkownika** do aktualnie występujących warunków pracy i oczekiwań/wymagań stawianych przez użytkownika.

Takie „dostosowanie konstrukcji”, określane jako „regulacje” powinno być wykonywane w sposób zalecany przez producenta i często jest uwarunkowane zastosowanym rozwiązaniem konstrukcji narzędzia i maszyny.

Prawidłowa regulacja powinna uwzględniać przede wszystkim: odpowiednią precyzję odczytu zmienianych wartości i jednoznaczność ich nastawy oraz możliwość kontroli skutków tej regulacji.

Użytkowanie agregatów rolniczych –to pojęcie szersze od „eksploatacji”, ujmujące kompleksowo całość zjawisk związanych z wykorzystaniem środków techniki rolniczej na potrzeby produkcji rolniczej.

Rolnictwo 3.0, zwane również **rolnictwem precyzyjnym**, z założenia traktuje indywidualnie każdy obiekt (roślinę, element hodowli), próbując stworzyć mu optymalne warunki rozwoju.

W swoich założeniach ukierunkowane jest na wprowadzenie większej dokładności i staranności podczas wykonywania wszystkich procesów rolniczych, umożliwia również reagowanie na zmienne lokalne warunki środowiskowe.

Nie traktuje zatem pola jako całości, ale dzieli je na mniejsze lokalne obszary, wymagające stosowania precyzyjnie dopasowanych procedur do lokalnych warunków.

W przypadku produkcji zwierzęcej, warunki dostosowywane są do poszczególnych zwierząt i nie są uśredniane dla całego stada.

Główną intencją w rolnictwie precyzyjnym jest stworzenie każdej roślinie dokładnie takiego środowiska, w którym rozwija się optymalnie, z ciągłym monitorowaniem kosztów tak, aby realizować podstawową regułę „więcej z mniej”.

Równoległe z rolnictwem precyzyjnym pojawiła się koncepcja **rolnictwa zrównoważonego** czyli takiego, które redukuje ilość odpadów niewykorzystywanych w rolniczym procesie produkcyjnym. **Rolnictwo zrównoważone w porównaniu do rolnictwa precyzyjnego ukierunkowane jest na zmniejszenie wpływu rolnictwa na obszary pozarolnicze.**

Rolnictwo 4.0 jest zbiorem **technologii informatycznych** stosowanych do optymalizacji przepływu środków i działań. W porównaniu do rozwiązań stosowanych w rolnictwie 3.0, **rolnictwo 4.0** (inteligentne *smart farming*) **wprowadza wymianę informacji, jako podstawowy element systemu organizacji produkcji rolniczej.**

Rolnictwo 4.0, wg resortu rolnictwa, **polega na wdrożeniu systemów teleinformatycznych i rozwiązań cyfrowych do obsługi procesów produkcji rolniczej i wprowadzania do obrotu artykułów rolno-spożywczych.**

Jego podstawową zaletą jest możliwość szybkiej reakcji na zmiany warunków zewnętrznych. Podstawowym celem jest maksymalne wykorzystanie możliwości produkcyjnych, przy minimalizacji kosztów wytwarzania oraz wpływu produkcji roślinnej i zwierzęcej na środowisko. Szybka i optymalna reakcja na zmianę warunków produkcji spowodowała, że rolnictwo z rozbudowanymi modułami – telematycznym i analizy danych – nosi nazwę rolnictwa inteligentnego.

Termin rolnictwo 4.0, w analogii do przemysłu 4.0, oznacza zintegrowanie wewnętrznej i zewnętrznej sieci transmisji informacji podczas produkcji rolniczej. W efekcie informacja w cyfrowej formie pojawia się na wszystkich etapach produkcji rolniczej we wszystkich typach gospodarstw.

Nawożenie TUZ jest uzależnione głównie od następujących czynników:

❑ Warunków glebowo-produkcyjnych

- rodzaju gleb: mineralne czy organiczne (na torfach),
- sposobu użytkowania TUZ: kośne czy pastwiskowe,
- odczynu i zasobności gleb w składniki pokarmowe,
- składu botanicznego użytku,
- wysokości oczekiwanych plonów,
- systemu gospodarowania: konwencjonalny czy ekologiczny,
- stosunków powietrzno-wodnych w profilu glebowym.

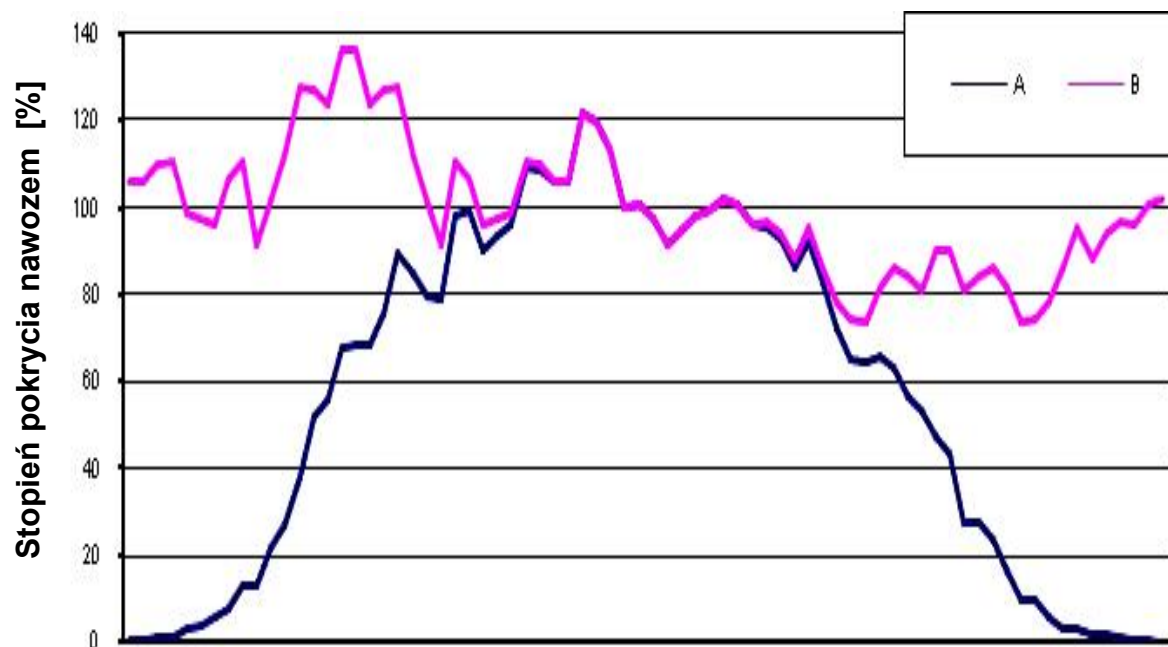
❑ Rodzaju, postaci i składu wnoszonych nawozów:

- nawozy mineralne i zawartość w nich składników pokarmowych,
- nawozy naturalne: stałe czy płynne oraz źródło ich pochodzenia.



Widok podczas eksploatacji rozsiewacza 2-tarczowego, (fot. ITP-PIB)

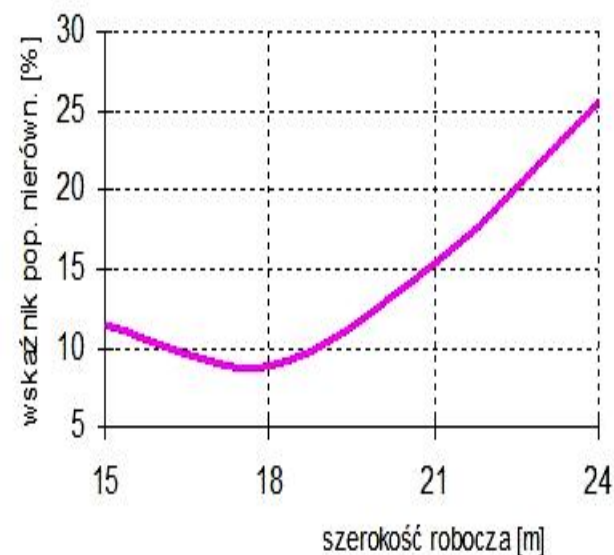
Technologia nawożenia nawozami mineralnymi



Przykładowy stopień pokrycia powierzchni pola/TUZ saletrą amonową przez rozsiewacz 2-tarczowy: A – po jednym przejeździe rozsiewacza, B – sumaryczna krzywa pokrycia powierzchni nawozem (dla zachodzących na siebie roboczych przejazdów rozsiewacza, (fot. ITP-PIB).

Średnie odchylenie od idealnego rozkładu (100%) wynosi 14,5%, zaś w rzeczywistości są miejsca gdzie nawozu jest o 24% mniej i są miejsca gdzie nawozu o 35% jest więcej.

Dawka nawozu [kg/ha] zależy od stopnia otwarcia otworów dozujących w dnie zbiornika nawozowego i od prędkości jazdy rozsiewacza.



Przykładowy przebieg wskaźnika nierówności poprzecznej rozsiewacza 2-tarczowego w zależności od szerokości roboczej: CV=14,5% dla 21 m, (fot. ITP-PIB)



Rozsiewacz Sulky X50-Econov z automatycznym dopasowaniem szerokości roboczej i dawki nawozu za pomocą systemu Econov, (fot. Sulky)

Przykładowo firma Sulky w serii X40 oraz X50 (o max pojemności załadunku 4000 litrów i szerokości rozsiewu 50 m) oferuje cztery możliwe poziomy wyposażenia. Pierwszym są maszyny z hydraulicznym otwieraniem otworów dozujących bez udziału komputera. Rozsiew graniczny Tribord 3D obsługiwany jest elektrycznie, 570 z układem automatycznego zamykania i otwierania prawej lub lewej strony rozsiewacza. Najwyższe możliwe wyposażenie oferują rozsiewacze w wersji Econov z komputerem sterującym Matrix 840 GS wraz z automatycznym sterowaniem 6 sekcjami wysiewającymi.



Siłownik elektryczny otwarcia zasuwy w rozsiewaczu Kverneland Exacta TL GEOspread, (fot. Kverneland).

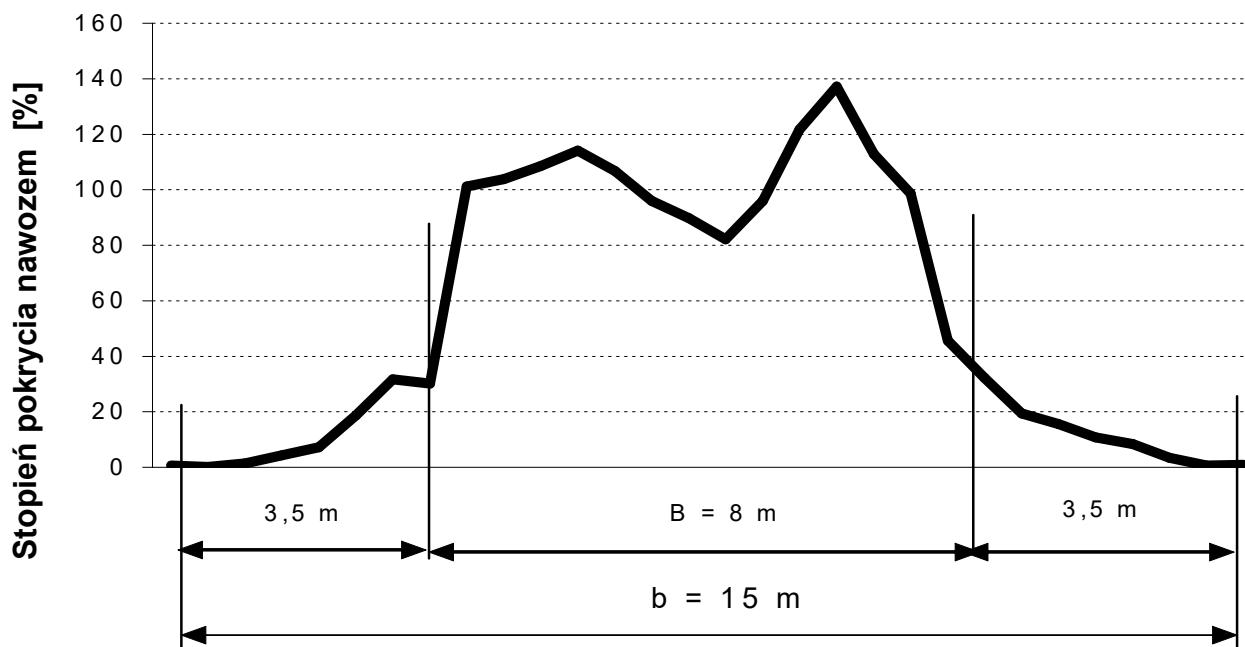


Elektrycznie sterowany układ wysiewający rozsiewacza Kuhn Rauch Axis H 50.1 EMC+W, (fot. Kuhn).



Widok podczas eksploatacji rozrzutnika obornika o ładowności 14 ton, wyposażonego w adapter pionowy 2-walcowy z dużymi talerzami (fot. ITP-PIB)

Technologia nawożenia stałymi nawozami naturalnymi



Rozkład poprzeczny obornika na pasie rozrzutu b przykładowym rozrzutnikiem wyposażonym w adapter pionowy 2-walcowy z dużymi talerzami, gdzie wskaźnik nierównomierności poprzecznej dla szerokości roboczej $B=8$ m wynosi 25% (a dla szerokości $B=9$ m już 35,3%, (fot. ITP-PIB).

Dawka obornika na jednostkę powierzchni zależy od:

- prędkości roboczej rozrzutnika,
- masy objętościowej obornika,
- szerokości roboczej przyjętej dla rozrzutnika,
- prędkości przesuwu podnośnika podłogowego.

Technologia nawożenia stałymi nawozami naturalnymi



Widok rozrzutnika firmy BERGMANN wyposażonego w uniwersalny adapter 2-walcowy poziomy + tarczowy (uzwojenie i kaskady ślimaka oraz podwójne noże tnące najpierw rozdrabniają materiał, a następnie rzucają go na tarcze rozsiewające. (fot. Bergmann).

Technologia nawożenia stałymi nawozami naturalnymi



Adapter do rozrzutników obornika firmy BERGMANN z szerokim rozrzutem V-Spread o szerokości roboczej do 36 m: efektywne połączenie układu talerzy rozrzucających w kształcie litery V poprzecznie do kierunku jazdy z jednoczesnym zwiększeniem średnicy talerzy, (fot. Bergmann).

Technologia nawożenia płynnymi nawozami naturalnymi



Wężę wleczone zamontowane na wozie asenizacyjnym Joskin (fot. Joskin, <https://www.agropolska.pl/technika-rolnicza/maszyny-donawozenia/trzy-sposoby-nawozenia-gnojowica>).



Aplikator płozowy zamontowany na woze asenizacyjnym Joskin (fot. Joskin, <https://www.agropolska.pl/technika-rolnicza/maszyny-do-nawozenia/trzy-sposoby-nawozenia-gnojowica>). W przypadku zastosowania płóz (redlic) tnących rozmieszczonych w regularnych odstępach, zagłębiają się one w glebę na zaledwie 3 cm. W utworzoną płytką bruzdkę, za pomocą stożków wtryskujących poprzedzonych płozami, wlewana jest gnojowica. Dzięki temu jedynie podstawa rośliny zostaje lekko zanieczyszczona na niewielkiej szerokości 3-5 cm.



Aplikator redlicowy zamontowany na wozie asenizacyjnym Joskin (fot. Joskin, <https://www.agropolska.pl/technika-rolnicza/maszyny-do-nawozenia/trzy-sposoby-nawozenia-gnojowica>). Aplikatory z elementami roboczymi w postaci talerzy stożkowych wnoszą gnojowicę na głębokość ok. 6 cm, co jest zależne od wielkości ich nacisku na glebę. Tak jak w poprzednim rozwiązaniu, talerze najpierw tworzą bruzdę, do której stożki wtryskujące równomiernie wprowadzają nawóz, nie brudząc roślin. W tym przypadku trafia on jednak znacznie głębiej, dzięki czemu jest szybciej przyswajany przez korzenie roślin i mniej się go ulatnia.

Cechy, jakie muszą posiadać maszyny i urządzenia rolnicze, aby spełniały definicję maszyn lub urządzeń rolnictwa 4.0 (wg MRiRW).

A) Urządzenia wykonawcze (* wymóg, ** opcja)

1. *Komunikacja dwukierunkowa z systemami wsparcia decyzji i/lub systemami zarządzania gospodarstwem.
2. *Sterowanie na podstawie odczytów z czujników, map zasobności, map zagrożeń itd.
3. *Sterowanie dawkami wraz z pomiarem zużycia w czasie rzeczywistym
4. **Rozpoznanie stanu pól z pomocą czujników mobilnych na maszynach

B) Urządzenia rozpoznawcze, posiadające zdolność jedno- lub dwu-kierunkowej komunikacji z systemami wsparcia decyzji i/lub zarządzania gospodarstwem

1. Czujniki stacjonarne (np. czujniki wilgotności gleby)
2. Czujniki mobilne zamontowane na quadach, maszynach rolniczych (np. czujniki NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, najpopularniejszy indeks/wskaźnik wegetacyjny stosowany w satelitarnych badaniach roślinności- jego wartości skorelowane są z ilością biomasy i zawartością chlorofilu), GPS itd.)
3. Czujniki optyczne wysokiego pułapu, zainstalowane na dronach (wymóg posiadania systemu wspierania decyzji lub zarządzania gospodarstwem wykorzystującymi bezpośrednio zebrane dane, względnie podpisanej umowy z instytucją opracowującą mapy wykonawcze dla zabiegów)

Cechy, jakie muszą posiadać maszyny i urządzenia rolnicze, aby spełniały definicję maszyn lub urządzeń rolnictwa 4.0 (wg MRiRW, ciąg dalszy).

C) Urządzenia autonomiczne i zdalne – urządzenia umożliwiające autonomiczną pracę z 2-kierunkową komunikacją z FMS (Flexible Manufacturing System -elastycznym systemem produkcyjnym)

1. Roboty uprawowe
2. Coboty

D) Urządzenia unowocześniające starsze rozwiązania do poziomu *Rolnictwa 4.0*

1. Urządzenia umożliwiające zdalne sterowanie sprzętem rolniczym w tym moduły do jazdy po ścieżkach oparte o GPS (przy założeniu, że maszyna posiada dwukierunkową komunikację bezprzewodową z systemami wspomagania decyzji/ zarządzania gospodarstwem)
2. Moduły umożliwiające bezprzewodową komunikację jedno- (czujniki) i dwukierunkową (elementy wykonawcze)
3. Moduły sensoryczne

Generalnie rolnictwo 4.0 bazuje na rozwiązaniach i technologiach stosowanych w rolnictwie precyzyjnym (3.0). Należą do nich:

- geograficzne pozycjonowanie przestrzenne (GIS),
- systemy pozycjonowania (GPS),
- elementy mikro- i mini-komputerowe,
- automatyczne sterowanie,
- systemy czujników działające w warunkach terenowych,
- systemy pozwalające na wykonywanie zdalnych obliczeń,
- zaawansowana obróbka danych,
- systemy telekomunikacyjne.

Elementem nowym w rolnictwie 4.0 jest wymianę informacji, jako podstawowy element systemu organizacji wszelkich działań. Pozwala to wykorzystywać w sposób bardziej efektywny narzędzia rolnictwa precyzyjnego.



Rozwiązaniem najbardziej znanym w technologii rolnictwa precyzyjnego to prowadzenie agregatów rolniczych, wykorzystujące sygnały pozycjonowania satelitarnego oparte na GPS. Dokładna lokalizacja na TUZ rozsiewaczy nawozów mineralnych i rozrzutników obornika umożliwia precyzyjną ich jazdę zachowując wyznaczone szerokości robocze bez nakładek i omijaków (fot. ITP-PIB).



Rozwiązaniem technicznym, współpracującym z w/w lokalizacją agregatów ciągnikowych na TUZ, może być też automatyczna zmiana ciśnienia w ogumieniu, np. ciągników. Zapobiega to degradacji w wyniku ugniatania w śladach kół, a także tworzeniu głębokich kolein na użytkach położonych na glebach organicznych (fot. ITP-PIB).



Innym rozwiązaniem technicznym, bazującym na lokalizacji agregatów ciągnikowych na TUZ, jest automatyczne dopasowywanie szerokości roboczej rozsiewacza nawozów mineralnych na przykładzie systemu Econov firmy Sulky: A – Rozsiewacz ma 6 sekcji roboczych, pracują tylko 4 (3. z lewej i 1. z prawej), B - Praca 4 sekcjami centralnymi, 2 skrajne sekcje są odłączone. Za chwilę, przy dojeżdżaniu do brzegu pola zostaną dołączone kolejne sekcje, C – Wjazd na pole, najpierw włączają się 2 skrajne sekcje, potem kolejne, D - Praca tylko 2 skrajnymi sekcjami, (fot. Sulky).

Podsumowanie

Producenci maszyn rolniczych na bieżąco reagują na zapotrzebowanie rynku (rolników) i opracowują wysoko sprawne maszyny odpowiadające wymaganiom rolnictwa 4.0.

Wymagania stawiane maszynom przystosowanym do pracy w gospodarstwach w systemie rolnictwa 4.0 to przede wszystkim:

- zdolność do otrzymywania i przekazywania danych oraz informacji z czujników i urządzeń przesyłających dane,**
- ułatwienie automatyzacji wykonywanych operacji.**

Korzyści związane z wprowadzeniem nowych rozwiązań napotykają jednak na pewne bariery przed ich masowym upowszechnieniem. W przypadku rolnictwa 4.0 istotnym ograniczeniem jest brak lub zawodność szybkiej i wydajnej transmisji sygnałów.

Podstawową wadą związaną z wprowadzaniem metod/technik rolnictwa 3.0 i 4.0 są wysokie koszty przystosowania maszyn starszego typu (konstrukcji) do współpracy z urządzeniami pomiarowo-sterującymi. W wielu przypadkach nie jest możliwe zainstalowanie takich urządzeń bez ingerencji w konstrukcję ciągnika lub maszyny.

Kolejnym ograniczeniem jest brak lub zawodność zasięgu sieci komórkowej i internetowej.

Przy wdrażaniu technologii wykorzystujących rolnictwo 4.0 (w tym technologii nawożenia TUZ) należy pamiętać, że z definicji są one podporządkowane zasadom ekonomii działania, zwłaszcza zasadzie trzech minimów: czasu, energii i kosztu.



**INSTYTUT
TECHNOLOGICZNO-PRZYRODNICZY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY**

Dziękuję za uwagę!

*Literatura jest dostępna u autora prezentacji.
W razie potrzeby jej uzyskania, proszę o
kontakt mailowy na adres: z.kogut@itp.edu.pl*