

Zmniejszenie zagrożeń środowiskowych wynikających z uprawy kukurydzy

Hanna Sulewska

*Katedra Uprawy Roli i Roślin,
Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego
ul. Mazowiecka 45/46, 60-623 Poznań
sulewska@au.poznan.pl*

Słowa kluczowe: kukurydza, uprawa, ochrona środowiska, surowiec energetyczny, biodegradalne tworzywa

Wstęp

W powszechnej opinii kukurydza jest postrzegana jako roślina, której uprawa ma wiele cech wpływających ujemnie na środowisko naturalne, niepożądanych zarówno w rolnictwie ekologicznym jak i zrównoważonym. Gatunek ten charakteryzuje wolny początkowy wzrost, siew w szerokie międzyrzędzia oraz niska obsada roślin, co skutkuje późnym zakrywaniem międzyrzędzi i wystawianiem gleby na działanie erozji wodnej i wietrznej.

Skutkiem wzrostu zanieczyszczenia środowiska w USA wprowadzono ustawę o czystości wód i powietrza, która wymusiła stosowanie w uprawie kukurydzy technologii chroniących glebę. Powszechnie unika się pozostawiania nieobsianych pól. Kukurydza była pierwszą rośliną, którą zaczęto wysiewać bez uprawy roli, a obecnie taki sposób uprawy jest powszechny w wielu krajach [8, 9, 32].

Celem niniejszego opracowania jest wskazanie możliwości uprawy kukurydzy przy użyciu technologii przyjaznych środowisku oraz wykazanie, że ogólny bilans korzyści wynikających z uprawy tej rośliny jest dla naszej planety dodatni.

Przeciwoerozyjny sposób uprawy

Kukurydza, jak wspomniano wyżej, należy do roślin sprzyjających erozji wodnej i wietrznej, co przy dużym jej udziale w strukturze zasiewów może prowadzić do degradacji i obniżenia żyzności gleby. Straty gleby na skutek erozji w siedmioletnich badaniach prowadzonych przez Bradley'a [za 31] przy uprawie tradycyjnej wynosiły

3,34 t · akr⁻¹ rocznie, a w badaniach Langdole [1983] 7,80 t · akr⁻¹ [za 31]. Według Mutchera [za 31] rezygnacja z uprawy roli ogranicza erozję od 80 do 90%. W związku z tym Kongres Stanów Zjednoczonych uchwalił w 1985 roku ustawę (Ford Security Act- FSA), która wprowadza od roku 1990 pewne nakazy gospodarowania w rejonach szczególnie narażonych na erozję gleby. W ustawie tej m.in. zabrania się jesiennych orok na glebach przeznaczonych pod rośliny jare oraz zaleca się prowadzenie siewów bez uprawy roli [31].

Współczesne rolnictwo zna skuteczne metody łagodzenia problemu erozji. Jednym z rozwiązań są uproszczenia w uprawie roli. W badaniach Bradley'a [za 31] straty gleby w siewach bezpośrednich nie przekraczały 0,05 t · akr⁻¹, a w badaniach Langdole [1983] były jeszcze mniejsze i wynosiły 0,01 t · akr⁻¹ [za 31]. Na korzyść wprowadzania uproszczeń uprawowych przemawia również fakt, że pominięcie pewnych zabiegów, przy zastosowaniu intensywnego nawożenia i pełnej ochrony zasiewów, nie musi powodować obniżenia plonów roślin. Wprawdzie rezultaty licznych prac wskazują na spadek plonów ziarna i surowca do zakiszania w warunkach siewu bezpośredniego [6, 10, 16, 24, 25], jednak poznanie przyczyn tego zjawiska pozwala na wprowadzenie tej technologii z sukcesem [12]. Przykładowo w długoletnim doświadczeniu Kapusta i in. [18] wykazali, że kukurydza uprawiana tradycyjnie i w sposób uproszczony, przy niewielkich różnicach w obsadzie roślin, plonowała na podobnym poziomie.

Atrakcyjność tego sposobu uprawy wynika nie tylko z rachunku ekonomicznego, ale również uzasadniona jest aspektami natury środowiskowej [7, 9, 26]. Obserwowany spadek plonu wiąże się głównie z gorszym wykorzystaniem nawozów w sytuacji mniejszych opadów oraz obniżeniem o 1–2°C temperatury gleby, gdyż mulcz odbija promienie słoneczne. Jednak najczęstszą przyczyną spadku plonu, jak podają liczni autorzy bywa niewłaściwa obsada roślin [10, 40]. Rozwiązanie tych zagadnień powinno stać się priorytetem przy wprowadzaniu siewów bezpośrednich kukurydzy.

Stosowanie roślin okrywowych, takich jak żyto, trawy i motylkowe, skutecznie zapobiega erozji w okresie braku na polu rośliny właściwej [11, 14, 15, 32, 40]. Badania prowadzone w IUNG Puławy [5] wskazują również na korzystny wpływ jednorocznej wsiewki traw w międzyrzędzia kukurydzy, gdzie ujawniła się pozytywna tendencja jej oddziaływania na plon. Trawy spełniały rolę mulczu chroniącego przed nadmiernym parowaniem wody z gleby. Ponadto na polach, gdzie stosuje się siewy bezpośrednie wzrasta liczba dżdżownic i innych drobnych zwierząt, które żywią się resztkami poźniwnymi.

W Stanach Zjednoczonych, na polach silnie narażonych na działanie erozyjne tropikalnych deszczy szczególnie popularna stała się uprawa pasowa kukurydzy (strip till), pozwalająca pogodzić wymagania rośliny z nakazami ochrony gleby, wody i powietrza. Polega ona na uprawie wąskich pasów (ok. 30 cm) za pomocą głębosza, w które wysiewa się nasiona kukurydzy. Powierzchnia pola pomiędzy pasami (ok. 60 cm) pozostaje nie uprawiona, pokryta mulczem.

Nawożenie kukurydzy bardziej przyjazne środowisku

Kukurydza jest rośliną intensywnej uprawy, o dużych wymaganiach pokarmowych i nawozowych, przy uprawie której wszelkie ograniczenia w dostarczeniu składników pokarmowych prowadzą do spadku plonu. Długi okres intensywnego pobierania azotu – 15 dni przed ukazaniem się i 30 dni po wyrośnięciu wiech, a także jego duża intensywność w drugiej połowie wegetacji wskazują, że racjonalne nawożenie powinno zapewnić roślinom dostateczne ilości dostępnego azotu w glebie niemal aż do zbioru [13, 17, 20].

Spośród wszystkich wnoszonych makroelementów, właściwe stosowanie azotu sprawia największe trudności, gdyż musi uwzględniać dwa aspekty. Pierwszym z nich jest aspekt ekonomiczny, decydujący o opłacalności stosowanego nawożenia, a drugim aspekt ekologiczny, uwzględniający dużą ruchliwość azotu, co przy niewłaściwym jego stosowaniu może prowadzić do skażenia środowiska naturalnego.

System korzeniowy kukurydzy penetruje szerokie międzyrzędzia i od fazy 8 liścia roślina zaczyna korzystać z tej przestrzeni. Korzenie sięgają również do głębszych warstw gleby. Dlatego azot lepiej stosować jednorazowo, co ogranicza przejazdy, chroni strukturę gleby i zmniejsza zużycie paliwa. Duże potrzeby pokarmowe gatunku i specyfika budowy systemu korzeniowego przy standardowo zalecanych dawkach nie stwarzają większych zagrożeń z tytułu wymywania składników pokarmowych. Dostępność składników pokarmowych zależy nie tylko od wniesionych nawozów, wykorzystania ich przez rośliny kukurydzy, ale także od zachwaszczenia pola i uwilgotnienia gleby [38].

Wyniki dotychczasowych badań wskazują, że w uprawie kukurydzy nawozy syntetyczne można zastąpić nawożeniem organicznym [27, 28, 29]. Najczęściej stosowanym nawozem naturalnym pod kukurydzą jest gnojowica i zapotrzebowanie na azot może być w całości tak pokryte, bez szkód zarówno dla jakości, jak i poziomu plonu [20, 27]. Plony całych roślin uzyskiwane przy zamiennym stosowaniu obornika lub gnojowicy w badaniach Mazura i Sądej [29] były na poziomie nawożenia mineralnego, a po zastosowaniu podwójnej dawki gnojowicy bydlęcej lub świńskiej nawet istotnie wyższe. Dawki nawozów naturalnych w cytowanych pracach były zgodne z dyrektywą azotanową UE, która dopuszcza wnoszenie w tej formie do $170 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$. Ten wymóg musi być spełniony w gospodarstwach wypełniających zwykłą dobrą praktykę rolniczą. Założenia rolnictwa ekologicznego nie dopuszczają stosowania przemysłowych nawozów syntetycznych. W gospodarstwach takich zwykle nie ma gnojowicy, natomiast nawożenie obornikiem, jak wskazują badania w pełni zabezpiecza potrzeby nawozowe i pokarmowe roślin kukurydzy.

Uprawa kukurydzy sprzyja rozwojowi mikroorganizmów glebowych, w tym wiążących azot atmosferyczny, bardziej niż uprawa innych gatunków traw. Na przykład, jak podaje Sawicka [33], w glebie pod owsem uprawianym na piasku gliniastym lekkim wiązanie azotu atmosferycznego kształtowało się w granicach

2,0–7,8 kg N · ha⁻¹ podczas, gdy pod kukurydzą uprawianą w tych samych warunkach wahało się ono od 5,6 do 50,6 kg N · ha⁻¹. Przyczyn tak znacznego zróżnicowania w wiązaniu N₂ należy szukać w bardziej sprzyjających warunkach dla rozwoju bakterii wiążących ten pierwiastek w ryzosferze kukurydzy niż innych roślin zbożowych. Jest to roślina charakteryzująca się fotosyntezą typu C₄, u której proces wiązania CO₂ przebiega szybciej. Takiemu sposobowi asymilacji towarzyszy intensywniejsze wydzielanie korzeniowe i zwiększona ilość węgla i energii dla żyjących w sferze korzeniowej heterotrofów wiążących azot – zwłaszcza licznie występujących tam bakterii z rodzaju *Azospirillum* [33].

Kukurydza jest rośliną, która w uprawie na ziarno pozostawia na polu bardzo dużą masę resztek poźniwnych. W badaniach Kubiaka [21] wynosiła ona średnio 88 dt · ha⁻¹. Masa resztek poźniwnych po zbiorze surowca do zakiszania była zdecydowanie mniejsza i wynosiła średnio 27,3 dt · ha⁻¹. Łodygi, liście i korzenie stanowią bogate źródło materii organicznej, zasobnej w składniki pokarmowe, które powracają do gleby i będą mogły być wykorzystane przez rośliny następcze. Jednak ich wadą jest szeroki stosunek C : N i wobec tego warunkiem mineralizacji jest dostarczenie do gleby azotu, który można podać w formie mineralnej lub naturalnej, np. gnojowicy. Ponadto resztki poźniwne kukurydzy sprzyjają wzrostowi aktywności mikrobiologicznej gleby oraz działają plonotwórczo na rośliny następcze (tab. 1). Korzystne zmiany, jakie obserwowano w aktywności mikroorganizmów wynikały nie tylko z przebiegu mineralizacji słomy kukurydzianej, ale również, jak wspomniano wyżej, z obecności wydzielin korzeniowych. Wydzieliny te zawierają polisacharydy, które powodują wzrost aktywności drobnoustrojów, a ponadto sprzyjają rozwojowi asocjacyjnych bakterii wiążących azot z powietrza [33]. Tłumaczy to fakt występowania większej aktywności mikrobiologicznej na polu po kukurydzy i dowodzi, że roślina ta może pozytywnie oddziaływać na środowisko glebowe. Przytoczone wyniki badań mogą być podstawą do weryfikacji panującej opinii o niekorzystnym oddziaływaniu kukurydzy na glebę.

Tabela 1. Aktywność mikrobiologiczna gleby po przyoraniu słomy kukurydzianej w latach 1986–1990 [21]

Gatunek	Aktywność mikrobiologiczna*			
	pierwszy rok	drugi rok	trzeci rok	średnio
Jęczmień jary	22,9	23,7	28,3	25,0
Groch	25,3	26,4	29,0	26,9
Kukurydza	28,4	30,6	34,2	31,1
Ugór czarny	27,5	29,6	32,2	29,8
NIR	3,24	3,98	2,67	

* Aktywność mikrobiologiczna mierzona ubytkiem siły użytej do zrywania płótna bawełnianego.

Odchwaszczanie bardziej przyjazne środowisku

Kukurydza należy do roślin rzadkiego siewu, co ze względu na powolny początkowy wzrost wymaga szybkiej i skutecznej eliminacji chwastów [35, 36]. Warunkiem powodzenia uprawy kukurydzy jest utrzymanie plantacji w stanie niezachwaszczonym od wschodów do wytworzenia 8–10 liści. Straty plonów na polach zachwaszczonych w stopniu średnim określono na – 15%, dużym – 60% i masowym – 90%, dlatego zwalczanie chwastów na plantacji kukurydzy zaliczane jest do najbardziej opłacalnych zabiegów produkcji roślinnej. Spośród wszystkich zabiegów agrotechnicznych właściwe zastosowanie herbicydów w dużym stopniu decyduje o poziomie uzyskiwanych plonów [1].

Ważnym zagadnieniem w racjonalnym odchwaszczaniu kukurydzy jest poprawność wykonania zabiegu, który uwzględnia optymalny termin zastosowania, fazę rozwoju kukurydzy, rodzaj gleby, jej wilgotność i doprawienie, stan i stopień zachwaszczenia, warunki meteorologiczne. Dzięki takiemu podejściu wzrasta skuteczność zabiegu, a ponadto unika się powtarzania opryskiwania i większej ingerencji w środowisko. W rolnictwie integrowanym preferowaną metodą, zakładającą precyzyjne opryski, zwalczające konkretny zespół chwastów pojawiających się na polu, jest powschodowe odchwaszczanie kukurydzy. Skuteczność prawidłowo wykonanego zabiegu powschodowego często jest wyższa niż przedwschodowych. Przedwschodowe stosowanie tych samych środków prowadzi do kompensacji chwastów na polu, co przy powschodowym odchwaszczaniu, prowadzonym przy użyciu różnych substancji aktywnych nie występuje.

Od wielu lat uprawa kukurydzy kojarzyła się z koniecznością użycia triazyn, które z uwagi na długi okres rozkładu negatywnie wpływają na organizmy glebowe, wody gruntowe, a nawet rośliny następcze. Stosowanie herbicydów z tej grupy zostało w dużym stopniu ograniczone, a ponadto zmniejszono dopuszczalną dawkę substancji aktywnej do $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Środki te są dopuszczone do użytku w Polsce do 2007 roku, dzięki czemu problem ich negatywnego wpływu na środowisko wkrótce przestanie istnieć.

Stosowane herbicydy oddziałują nie tylko na chwasty, ale również na roślinę uprawną i mikroorganizmy glebowe, zmieniając siedlisko. Mechaniczne zwalczanie chwastów niestety jest mało skuteczne i stosowanie walki chemicznej wydaje się nieodzowne. Jak podają Adamczewski i in. [1] oraz Skrzypczak i in. [37] zastosowanie mechanicznego odchwaszczania kukurydzy pozwala uzyskać skuteczność zabiegu na poziomie 50%, gdyż nie są niszczone chwasty w rzędach kukurydzy. Wysoką skuteczność pielęgnacji mechanicznej osiągnano w lata suche (95,6%), natomiast gdy bezpośrednio po zabiegu pojawiały się opady, skuteczność zabiegu była niższa. Łączenie pielęgnacji mechanicznej z pasowym opryskiwaniem dobrze dobranym środkiem wg tych autorów prowadzi do wzrostu skuteczności, która średnio w okresie 3 lat wynosiła 93,5%, przy znacznie zmniejszonej ilości użytego herbicydu [36].

Pełne odchwaszczenie kukurydzy bez użycia herbicydów jest trudne, a zatem uprawa tej rośliny w warunkach rolnictwa ekologicznego tylko z tego względu wydaje się mało realna. Szansę daje jednak stosowanie piełników płomieniowych. Okazuje się, że kukurydza w początkowych fazach rozwojowych lepiej niż rosnące chwasty znosi wysokie temperatury. Tę właściwość wykorzystano stosując piełniki płomieniowe, a wypalanie jest tym skuteczniejsze im mniejsze są chwasty. Ingerencja w środowisko jest tu minimalna, jednak efektywność tego zabiegu w zwalczaniu chwastów jednoliściennych i wieloletnich jest mniejsza [30]. Ten sposób odchwaszczania stosuje się w fazie pierwszego rozwiniętego liścia kukurydzy – 11 BBCH lub gdy kukurydza osiąga 20 cm wysokości – 14 BBCH [2]. Z ekonomicznego punktu widzenia bardziej wskazane jest odchwaszczanie we wcześniejszej fazie, bo palnik można skierować na rzędy roślin. Bardzo skuteczne jest połączenie wypalania z mechanicznymi zabiegami zwalczania chwastów w międzyrzędziach [34].

Jak wykazano powyżej, w uprawie kukurydzy z powodzeniem można zastosować technologie przyjazne dla środowiska, a z pomocą piełnika płomieniowego można nawet spełnić restrykcyjne wymogi rolnictwa ekologicznego, na potrzeb, którego firmy hodowlano-nasienne oferują niezaprawiane ziarno siewne.

Kukurydza surowcem do produkcji energii odnawialnej

Degradacja środowiska, która doprowadziła do zmian klimatycznych obserwowanych w ostatnim dziesięcioleciu, nasilanie się katastrofalnych zjawisk pogodowych, takich jak susze, powodzie czy huragany sprawia, że na początku XXI wieku rolnictwo, podobnie jak inne gałęzie gospodarki światowej, musi podjąć radykalne kroki w celu ochrony gleby, wód i powietrza. Najpoważniejsze zadanie dotyczy ograniczenia emisji gazów odpowiedzialnych za ocieplanie się atmosfery ziemskiej, efektem czego jest topnienie lodów Arktyki w zastraszającym tempie 8% rocznie, o czym informuje nauka.

Unia Europejska podpisała porozumienie z Kioto, zgodnie z którym należy stopniowo do 2020 roku ograniczyć emisję gazów cieplarnianych. Elementem poprawiającym bezpieczeństwo energetyczne poszerzonej UE przy jednoczesnej redukcji emisji gazów szklarniowych jest planowany na szeroką skalę dodatek biopaliw do benzyn i oleju napędowego. Dyrektywa „biopaliwowa” dotycząca stosowania alternatywnych paliw dla transportu drogowego zakłada, że biopaliwa do roku 2010 powinny stanowić minimum 5,75% w ogólnym bilansie paliw ciekłych. Aby wypełnić te założenia w całej Europie, jak również w Polsce, w ostatnim czasie powstają nowe zakłady do produkcji odwodnionego etanolu. Należy więc oczekiwać wzrostu zapotrzebowania na surowce do jego produkcji. W ostatnich latach kukurydza zaczyna odgrywać coraz większą rolę, jako roślina energetyczna oraz surowiec dla wielu gałęzi przemysłu, którego przerób wyróżniają technologie przyjazne dla środowiska. Całe rośliny, ziarno i słoma zagospodarowane w odpowiedni sposób można

Tabela 2. Możliwości pozyskiwania i wykorzystywania biogazu [4]

Materiał	Wydajność biogazu [$\text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \text{ s.m.}$]	Czas fermentacji [dni]
Słoma	0,367	78
Liście buraków	0,501	14
Łęty ziemniaczane	0,606	53
Łodygi kukurydzy	0,514	52
Koniczyna	0,445	28
Trawa	0,557	25

Tabela 3. Wydajność produkcji etanolu z różnych roślin uprawnych (wg. różnych autorów, za Lipski [23])

Roślina	Plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Zawartość skrobi lub cukru [%]	Wydajność etanolu [$\text{dm}^3 \cdot \text{t}^{-1}$]	Plon etanolu [$\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$]	Ekwiwalent benzynowy [dm^3]
Kukurydza	8,0	65,0	417	3336	2234
Burak cukrowy	45,0	16,0	98	4410	2953
Ziemniak	16,0	17,8	120	1920	1280
Żyto	2,8	62,0	390	1092	730

wykorzystywać jako doskonałe źródło energii odnawialnej. Słoma kukurydziana, która zwykle po zbiorze ziarna pozostaje na polu, jest dobrym surowcem do produkcji biogazu, wydajniejszym niż słoma innych zbóż, a przerób odbywa się w krótszym czasie (tab. 2). Pod tym względem ustępuje ona jedynie łętom ziemniaczanym [4]. Jednym z najwydajniejszych surowców do tych celów, a jednocześnie najmniej obciążającym środowisko naturalne przy przerobie jest ziarno kukurydzy (tab. 3). Polskie gorzelnie jako główny surowiec do produkcji stosują ziarno zbóż lub ziemniaki. Nie są to jednak najwydajniejsze źródła węglowodanów do fermentacji alkoholowej. Wyniki zamieszczone w tabeli 4 pokazują, że kukurydza jest efektywniejszym surowcem do produkcji etanolu w przeliczeniu na jednostkę plonu. Buraki cukrowe pozwalają uzyskać więcej etanolu jednak koszt produkcji jest wyższy, ponieważ należy poddać fermentacji znacznie większą masę surowca. Warto podkreślić fakt, że

Tabela 4. Efektywność energetyczna produkcji etanolu z różnych upraw rolniczych (wg różnych autorów, za Lipski [23])

Roślina	Plon [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Nakłady energetyczne [$\text{MJ} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Etanol [$\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$]	Wartość energetyczna etanolu [MJ]	Efektywność energetyczna
Kukurydza	8,0	59 119	2,3	69 000	1,16
Burak cukrowy	50,0	92 700	3,2	96 000	1,04
Pszenżyto	6,0	48 420	1,7	49 500	1,02
Żyto	2,5	23 895	0,7	20 700	0,87

efektywność energetyczna produkcji etanolu z kukurydzy jest najwyższa spośród roślin uprawianych w kraju. W tym zestawieniu przyjęto, że etanol uzyskiwano z wysuszonego ziarna kukurydzy. W praktyce przerobowi najczęściej poddaje się wilgotne ziarno, a wtedy efektywność energetyczna będzie znacznie wyższa [23]. Produkcja etanolu z kukurydzy jest bezpieczniejsza dla środowiska niż z buraków cukrowych czy z ziemniaków, gdyż odpady pozostałe po fermentacji kukurydzy można w całości zagospodarować i nie stanowią one zagrożenia ekologicznego. Również słomę i osadki kolbowe, pozostające po zbiorze ziarna kukurydzy można wykorzystać do produkcji etanolu na drodze hydrolizy celulozy do cukrów prostych, które następnie są poddawane fermentacji.

Wykorzystanie kukurydzy jako źródła energii odnawialnej to również możliwość spalania resztek poźniwnych w specjalnie do tego przystosowanych piecach. Pomysł spalania ziarna kukurydzy był odpowiedzią na rosnące ceny większości paliw konwencjonalnych, przy jednocześnie niskiej cenie kukurydzy na rynku amerykańskim. Ziarno kukurydzy jest surowcem energetycznym, który można uzyskać w ciągu 120 dni, a więc niezwykle szybko w porównaniu z paliwami kopalnymi. W tabeli 5 podano wartość energetyczną ziarna kukurydzy jako ekwiwalentu obecnie stosowanych paliw konwencjonalnych. Przykładowo jeżeli osoba zużywa 2 t węgla kamiennego w sezonie grzewczym, może go z powodzeniem zastąpić spalając 3048,2 kg ziarna kukurydzy o wilgotności 15% [3]. W USA kukurydza coraz częściej znajduje takie zastosowanie. Pozwala to wykorzystać nadprodukcję ziarna, utrzymać stabilne ceny na rynku, a przy tym chronić środowisko.

Tabela 5. Równoważniki energetyczne

Paliwa obecnie stosowane	Równoważnik energetyczny w kilogramach ziarna kukurydzy [15% H ₂ O]
1 t węgla kamiennego	1524
1 l oleju opałowego	10,0
1 m ³ gazu ziemnego	2,7
1 dm ³ propanu	2,0
1 m ³ drewna opałowego	350,4
1 t trocin drzewnych	1168
1000 kWh energii elektrycznej	288,0

Ostatnio również w Polsce rolnicy zaczynają wykorzystywać całe rośliny jako opał w suszarniach. Okazuje się, że rośliny (łodygi + kolby) z powierzchni 5% pola dostarczają energii potrzebnej do wysuszenia ziarna z pozostałych 95% areалу.

Ocenia się, że w najbliższych latach celowe będzie wykorzystywanie kukurydzy do celów grzewczych, natomiast w dalszej perspektywie prawdopodobnie będą lepsze źródła energii. Kukurydza pobiera znaczne ilości energii do wzrostu, suszenia, i transportu, poza tym wiele zużywa się energii do produkcji nawozów syntetycznych, pestycydów. Ponadto trzeba pamiętać o erozji gleby jaką powoduje [3].

Kukurydza surowcem do produkcji biodegradalnych tworzyw

Kolejną szansą w podniesieniu czystości środowiska naturalnego jest możliwość wykorzystania ziarna kukurydzy do produkcji biodegradalnych tworzyw z dekstrozy kukurydzianej. Kwas polilaktamowy – PLA, może zastąpić tworzywa sztuczne, tj: nylon, poliester, polistyren.

PLA jest wysoko wydajny i bezpieczny dla środowiska, a jego produkcja zużywa 30–50% mniej paliw kopalnych niż potrzeba do wytworzenia konwencjonalnego plastiku czy włókna [19, 39]. Ocenia się, że w ciągu 10 lat około 10% zbiorów kukurydzy będzie przetwarzanych na plastik i włókno. Zastosowań tego produktu jest bardzo wiele na przykład do produkcji różnego rodzaju opakowań, czy naczyń jednorazowych.

Rozłożenie torby z PLA trwa ok. 1 miesiąca, filizanki 40 dni, natomiast torba z konwencjonalnego tworzywa rozkłada się przez kilka wieków. Tworzywo to w formie tkanej może służyć do produkcji ubrań, dywanów, materacy, wyposażenia wnętrz i wielu innych wyrobów niezbędnych człowiekowi. Włókno wykazuje komfort i cechy naturalnych włókien, takich jak bawełna, jedwab czy wełna, przy jednoczesnym zachowaniu korzystnych cech włókien syntetycznych, takich jak niska cena, łatwość użytkowania. Włókna te są jedwabiste, trwałe, odporne na promienie UV, wykazują zmniejszoną palność i toksyczność. Charakteryzuje je niskie wydzielanie trujących gazów podczas spalania i odporność na wszelkiego rodzaju plamy i zabrudzenia. Dzięki temu mogą mieć zastosowanie w wielu gałęziach przemysłu. PLA nie jest nowym włóknem, ten polimer był znany wcześniej, natomiast użycie ziarna kukurydzy do jego produkcji pozwoliło niezwykle zmniejszyć koszt przerobu i uatrakcyjnić produkt.

Wydaje się, że w kwestii poznania możliwości wykorzystania i szans, jakie daje uprawa kukurydzy jesteśmy raczej na początku drogi. Wiadomo już, że kukurydza może żywić, ogrzewać, ubierać i towarzyszyć w codziennym życiu, które wcale nie musi przebiegać w zdegradowanym przez jej uprawę środowisku.

Wnioski

1. W bilansowaniu oddziaływania uprawy kukurydzy na środowisko uwzględnić należy jej wielokierunkowe wykorzystanie i przez to możliwość eliminowania inwazyjnych dla środowiska technologii opartych na kopalnianych źródłach energii i produkcji syntetyków.
2. Przy uprawie kukurydzy trudno jest zrezygnować z chemicznej walki z chwastami. Bezpieczniejsza dla środowiska jest powschodowa walka z chwastami. Pasowe opryskiwania w połączeniu z mechaniczną pielęgnacją międzyrzędzi

pozwalają na ograniczenie ilości środka wprowadzanego do środowiska, przy zachowaniu wysokiej skuteczności zabiegu. Natomiast w gospodarstwach ekologicznych dobre rezultaty daje użycie opielacza płomieniowego.

3. Potrzeby nawozowe kukurydzy można zaspokoić, zgodnie z zasadami rolnictwa ekologicznego, z pominięciem nawozów syntetycznych, gdyż roślina ta doskonale wykorzystuje składniki zawarte w oborniku oraz gnojowicy bydłowej i świńskiej.
4. Ograniczając erozję wodną i wietrzną poprzez uprawę kukurydzy w systemie bezorkowym, oddziałuje się korzystnie na glebę, oraz ochrania czystość wody i powietrza.
5. Duża masa resztek poźniwnych to bogate źródło materii organicznej, która sprzyja wzrostowi życia mikrobiologicznego gleby oraz działa plonotwórczo na rośliny następcze.
6. Słomę i ziarno kukurydzy można wykorzystywać jako bardzo wydajne źródła energii odnawialnej do produkcji biogazu, bioetanolu, energii cieplnej, co w sytuacji konieczności spełnienia przez Polskę umowy z Kioto będzie miało ogromne znaczenie w najbliższej przyszłości.
7. Dekstroza kukurydziana stała się surowcem do produkcji biorozkładalnego plastiku PLA, którego produkcja chroni środowisko naturalne.

Literatura

- [1] Adamczewski K., Skrzypczak G., Lisowicz F., Bubniewicz P. 1997. Aktualne problemy ochrony kukurydzy w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 450: 63–78.
- [2] Adamczewski K., Matysiak K. 2002. Klucz do określania faz rozwojowych roślin jedno- i dwuliściennych w skali BBCH. IOR i GIIORIN, Poznań: 114 ss.
- [3] Anonim 1 Biosystems and agricultural engineering department <http://www.bae.umn.edu>.
- [4] Anonim 2 Europejskie Centrum Energii Odnawialnej. <http://www.ekologika.com>.
- [5] Borowiecki J., Lipski S. 1993. Wstępne badania nad uprawą kukurydzy z wsiewką traw. *Frag. Agron.* 4: 141–142.
- [6] Burgess S.M., Mehuys G.R., Madramootoo C.A. 1996. Tillage and crop residue effects on corn production in Quebec. *Agron. J.* 88: 792–796.
- [7] Carter M.R. 1994. A review of conservation tillage strategies for humid temperate regions. *Soil and Tillage Res.* 31: 289–301.
- [8] Cox W.J., Zobel R.W., van Es H.M., Otis D.J. 1990. Growth development and yield of maize under three tillage systems in the northeastern USA. *Soil. Till. Res.* 18: 295–310.
- [9] Dubas A., Michalski T., Sulewska H. 1995. Uprawa kukurydzy w systemie bezorkowym i siewie bezpośrednim w ściernisko po różnych przedplonach. *Mat. z konf. nauk. pt. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”*. Barzkowice, 12 VI 1995: 71–81.
- [10] Dubas A., Menzel L. 1999. Uprawa kukurydzy w systemie bezorkowym po różnych przedplonach. *Folia Univ. Stet. 195, Agricultura* 74: 147–155.
- [11] Dzienia S. 1995. Siew bezpośredni technologią alternatywną. *Mat. z konf. nauk. pt. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”*. Barzkowice, 12 VI 1995: 9–39.

- [12] Dzienia S., Sosnowski A 1991. Możliwości zastosowania siewu bezpośredniego na glebie kompleksu żytanego dobrego w warunkach klimatycznych Pomorza Zachodniego. *Rocz. Nauk Rol. Seria A* 109(2): 157–173.
- [13] Fotyma E. 1994. Reakcja roślin uprawy polowej na nawożenie azotem. *Frag. Agron.* 4: 20–35.
- [14] Gallaher R. 1993. Cover crops and nitrogen management for no-tillage corn. *Proc. South. Cons. Till. Conf. Bul.*: 81–85.
- [15] Hardgrove W.L. 1990. Role of conservation tillage in sustainable agriculture. Proc. of 1990 South Cons. Til. Conf. sp. Hul 90–1, North Carolina: 28–34.
- [16] Ismail I., Blevins R.L., Frye W.W. 1994. Long-term no-tillage effects on soil properties and continuous corn yields. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58: 193–198.
- [17] Jankowiak J. Kruczek A. Fotyma E. 1997. Efekty nawożenia mineralnego kukurydzy na podstawie wyników badań krajowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 450: 79–116.
- [18] Kapusta G., Krausz R., Matthews J. 1996. Corn yield is equal in conventional, reduced in no-tillage after 20 years. *Agron. J.* 88: 812–817.
- [19] Kelley N. 2002. Will corn revolutionize the fiber industry? The Consume Gallery: Textile Reference Manual, <http://www.costumegallery.com/Textiles/corn.htm>.
- [20] Kruczek A., Księżak J. 2004. Potrzeby pokarmowe kukurydzy i zasady nawożenia. *Technologia produkcji kukurydzy*. Wieś Jutra, W-wa: 133 ss.
- [21] Kubiak R. 1992. Wpływ przyoranej masy organicznej pozostającej na polu po zbiorze kukurydzy na niektóre właściwości gleby i plonowanie roślin następczych. *Praca doktorska AR Poznań*: 89 ss.
- [22] Lipski S. 1991. Ochrona gleby w uprawie kukurydzy poprzez międzyrzędowy wysiew zycicy trwałej i innych roślin. *IUNG Puławy*, I(33): 1–16.
- [23] Lipski S. 2002. Paliwowe pola kukurydziane. Mat. z konf. „Poprawa stanu ochrony środowiska poprzez wdrażanie proekologicznych technologii produkcji bioetanolu paliwowego i pasz dla zwierząt z surowców odnawialnych i odpadów przemysłu spożywczego, utrwalonych biopreparatami”. Warszawa, paźdz. Inst. Biotech. Przem. Rol.-Spoż.: 6–11.
- [24] Machul M. 1993. Możliwości zastosowania uproszczonych metod uprawy roli pod kukurydzą na ziarno w trzyletniej monokulturze. *Pam. Puł.* 102: 191–199.
- [25] Machul M. 1995. Wpływ przedsewnego przygotowania roli na plonowanie kukurydzy uprawianej w pięcioletniej monokulturze. *Pam. Puł.* 106: 47–62.
- [26] Machul M. 2005. Wpływ uproszczonej uprawy roli na efektywność plonowania kukurydzy oraz właściwości biologiczne, fizyczne i chemiczne gleby. *Post. Nauk Rol.* 1: 47–61.
- [27] Maćkowiak Cz. 1999. Aktualny stan badań i efekty nawożenia organicznego kukurydzy. *Post. Nauk Rol.* 4: 21–34.
- [28] Maćkowiak Cz., Wart Z., Żebrowski J. 1996. Wpływ zróżnicowanych dawek gnojowicy na plonowanie i skład chemiczny kukurydzy uprawianej w monokulturze i na zawartość N–NO₃ w wodach glebowo-gruntowych. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* 293: 139–145.
- [29] Mazur T., Sądej W. 1999. Działanie wieloletniego nawożenia obornikiem, gnojowicą i nawozami mineralnymi na plon roślin i białka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 465: 181–194.
- [30] Praca zbiorowa pod redakcją T. Popowicza. 1998. Rolnictwo ekologiczne – poradnik metodyczno-merytoryczny. Brwinów: 279 ss.

- [31] Pudełko J., Wright D.L., Wiatrak P. 1994. Stosowanie ograniczeń w uprawie roli w Stanach Zjednoczonych AP. *Post. Nauk Rol.* 1: 153–162.
- [32] Radecki A., Opic J. 1991. Metoda siewu bezpośredniego w świetle literatury krajowej i zagranicznej. *Rocz. Nauk. Rol. Ser. A* 109(2): 119–141.
- [33] Sawicka A. 1995. Wiązanie azotu atmosferycznego pod trawami. Wyd. AR Poznań, Seminar. Wydz. Rol. 1: 64–74.
- [34] Siebeneicher G.E. 1997. Podręcznik rolnictwa ekologicznego dla różnych warunków i dziedzin. PWN, Warszawa: 524 ss.
- [35] Skrzypczak G., Pudełko J., Blecharczyk A. 1998. Ocena skuteczności działania herbicydów i adiuwantów w uprawie kukurydzy. *Progr. Plant Prot. /Post. Ochr. Roś.* 38(2): 698–700.
- [36] Skrzypczak W. 2004. Efektywność pielęgnacji mechanicznej w odchwaszczaniu kukurydzy. *J. of Res. and Appl. in Agr. Engin.* 49(2): 30–34.
- [37] Skrzypczak W., Dubas A. Sulewska H. 2003. Analiza zachwaszczenia kukurydzy pastewnej po zastosowaniu pielęgnacji mechanicznej lub preparatów Guardian 840 EC, Azoprim 50 WP, Milagro 040 SC i Chwastox D. *Progr. Plant Prot. /Post. Ochr. Roś.* 43: 918–920.
- [38] Sulewska H. 1998. Influence of nitrogen fertilization, type of hybrid and weed control on production and economical effects of maize growing for grain, *Rocz. AR Poznań, CCCVII, Rol.* 52: 115–121.
- [39] Twardowski T., Zimny J., Twardowska A. 2003. Biobezpieczeństwo biotechnologii. Ag. Edytor Poznań: 265 ss.
- [40] Woźnica Z., Pudełko J., Skrzypczak G., Matysiak R. 1995. Wpływ niekonwencjonalnych metod uprawy na zachwaszczenie i plony kukurydzy. *Mat. z konferencji nauk. pt. „Siew bezpośredni w teorii i praktyce”*. Barzkowice, 12 VI 1995: 109–117.

Maize growing in contexts of the environment protection problems

Key words: maize growing, environment protection

Summary

Pollution of the environment, followed by observed climate changes, often weather catastrophes such as droughts, floods, hurricanes caused at the beginning of 21st century the situation at which the agriculture, like other branches of world economy, has to under-take the steps to protect soil, water and air. In common opinion maize is the crop of many negative characters against environment. The goal of this article was to indicate the possibilities of maize cultivation by environment friendly technologies and to prove that total balance of advantages of maize growing is positive for our planet.