



*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search

<http://ageconsearch.umn.edu>

[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

*No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.*

## **Wpływ możliwych zmian struktury i poziomu intensywności produkcji na produktywność roślin i siłę oddziaływań środowiskowych w perspektywie 2030 roku\***

### **The impact of possible changes in the structure and intensity of agricultural production on the crop yields and environment in 2030**

**Synopsis.** W pracy dokonano oceny zmian w strukturze produkcji roślinnej i poziomie intensywności nawożenia mineralnego NPK oraz bilansu azotu brutto w latach 2012-2020 i w perspektywie roku 2030. W opracowaniu przyjęto szereg założeń prognostycznych uwzględniających możliwość realizacji celów koncepcji EZŁ w uwarunkowaniach przyrodniczo-produkcyjnych polskiego rolnictwa. Z analizy wynika, że w perspektywie 2030 roku należy oczekiwać obniżenia intensywności nawożenia i całkowitej produkcji roślinnej, przy wzroście powierzchni upraw ekologicznych, z jednoczesną poprawą efektywności wykorzystania składników nawozowych, co powinno prowadzić do zmniejszenia presji ze strony biogenów (azotu) na środowisko.

**Słowa kluczowe:** zmiany organizacyjno-produkcyjne, produktywność roślin, system produkcji, intensywność produkcji, oddziaływanie środowiskowe

**Abstract.** The paper evaluates the changes in the structure of crop production and the intensity of mineral NPK fertilisation, as well as in the gross nitrogen balance in 2012-2020 and in 2030. A number of prognostic assumptions were made in the study which take into account the possibility of achieving the objectives of the European Green Deal in the context of current natural and productive conditions of Polish agriculture. The analysis showed that in 2030, a decrease in fertilization intensity and in total crop production should be expected, with an increase in the area of organic crops and improvement of the efficiency of fertilizer use, which should lead to a decrease in the pressure of nutrients (nitrogen) on the environment.

**Key words:** organizational-production changes, crop yields, farming system, intensity of agricultural production, environmental impact

**JEL Classification:** Q15, Q24, Q51, Q56, R14

<sup>1</sup> dr hab., Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej IUNG-PIB w Puławach, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, e-mail: jkop@iung.pulawy.pl; <https://orcid/0000-0002-2887-4143>

<sup>2</sup> dr hab., prof. IUNG-PIB, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej IUNG-PIB w Puławach, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, e-mail: smagacz@iung.pulawy.pl; <https://orcid/0000-0003-4322-3178>

<sup>3</sup> dr hab., prof. IUNG-PIB, Zakład Systemów i Ekonomiki Produkcji Roślinnej IUNG-PIB w Puławach, ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy, e-mail: stalenga@iung.pulawy.pl; <https://orcid/0000-0002-3486-0995>

\* Prace wykonano w ramach dotacji celowej nr 10 IUNG-PIB 2022 „Identyfikacja problemów oraz doskonalenie płodozmianu i gospodarki nawozowej w gospodarstwach ekologicznych o różnych profilach produkcji”



## **Wprowadzenie**

Rolnictwo jest jedną z niewielu dziedzin gospodarki, która w swojej istocie funkcjonuje (prowadzona jest) w środowisku przyrodniczym i jednocześnie ma fundamentalne znaczenie dla bezpieczeństwa żywnościowego (żywieniowego, zdrowotnego) (Michalczyk 2013; Mikula 2012), ekonomicznego poprzez utrzymanie konkurencyjności (produkcyjnej i ekonomicznej), ale także bezpieczeństwa środowiskowego (Kopiński 2018A). Znaczenie i rola rolnictwa szczególnie stają się istotne wobec wyzwań ostatnich lat. Należy tu przede wszystkim wymienić, oprócz zrywania łańcuchów dostaw środków produkcji i produktów rolnych w handlu międzynarodowym związanych z konfliktami zbrojnymi, perspektywę (bliską i daleką) wdrażania założeń strategii ramowej Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ), która ma być odpowiedzią na główne problemy Unii Europejskiej (UE) dotyczących klimatu i środowiska (Komunikat 2020; Kopiński, Ochal 2022). Jednocześnie uwarunkowania funkcjonowania gospodarki, wymuszają ciągle podejmowanie decyzji i inicjują procesy dostosowawcze w rolnictwie, wobec zachodzących przemian ekonomicznych i strukturalnych (Józwiak 2013).

Według założeń zawartych w koncepcji Europejskiego Zielonego Ładu, należy zintensyfikować działania, których celem ma być przeciwdziałanie zmianom klimatu, ochrona środowiska i zachowanie bioróżnorodności, a które znajdują odzwierciedlenie w konstruowanym Planie Strategicznym WPR 2023-2027 (Plan 2021). Stąd szczególnie istotnym, z punktu widzenia funkcjonowania polskiego rolnictwa, wydaje się określenie realnych możliwości osiągnięcia stawianych celów i ocena ich skutków (produkcyjnych i środowiskowych), jakimi są: ograniczenie zużycia nawozów mineralnych o 20% i strat biogenów o 50% bez pogorszenia zasobności gleb, ograniczenie stosowania pestycydów chemicznych o 50% oraz wzrostu powierzchni upraw ekologicznych do 20% powierzchni UR na poziomie unijnym do roku 2030 (Komunikat 2020). W tym kontekście należy przede wszystkim uwzględnić specyfikę polskiego rolnictwa, jego uwarunkowań przyrodniczo-klimatycznych (jakość rolniczej przestrzeni produkcyjnej) i organizacyjno-ekonomicznych (koszty nośników energii, środków produkcji, możliwości kapitałowe) (Udział 2009; Wrzaszcz, Kopiński 2019, Zalewski 2022). Dość szeroko, w kontekście EZŁ, problemy te były także poruszane w wielo-autorskiej publikacji w Polityka Insight/Research (Wpływ... 2022), tym niemniej nie uwzględniano tam oceny zmian w rolnictwie na środowisko w perspektywie 2030 roku, przez pryzmat wyników bilansu azotu brutto, co jest w niniejszym opracowaniu nowatorskim i oryginalnym podejściem.

Celem pracy było dokonanie oceny wpływu możliwych zmian struktury użytków rolnych w różnych systemach produkcji rolniczej oraz poziomu intensywności produkcji (nawożenia mineralnego) na produktywność roślin i siłę oddziaływań środowiskowych, w kontekście bilansu azotu brutto, w perspektywie 2030 roku.

## **Metody badań**

Badania i analiza miały charakter kameralny. Zakres analizy danych w przedziale czasowym obejmował lata 2012-2020 z wydzieleniem trzyletnich okresów oraz prognozę na rok 2030. Podstawowe źródło informacji stanowiły dane statystyczne Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) (Użytkowanie... 2013-2022; Środki... 2013-2022; Produkcja... 2013-2022; Ochrona... 2013-2021; Rocznik... 2013-2021; Zwierzęta... 2015-2021),

Inspekcji Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych (IJHARS) (Dane... 2022), Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ) (Stan... 2014, Raport... 2022), Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) (Poland's... 2016-2022) i wyniki badań własnych (Jończyk, Stalenga 2010, Kopiński, Krasowicz 2021, Kopiński, Ochla 2022, Matyka, Kopiński 2016, Wpływ... 2022) i innych autorów (Kuś, Jończyk 2018). Do oszacowania prognozowanych wielkości w roku 2030 zastosowano analizy trendów wykorzystując szeregi czasowe, analizę regresji oraz wiedzę ekspercką.

Analizę podstawowych wskaźników oparto na średnich dla trzyletnich okresów. W okresie 2012-2020 oraz dla prognozy w roku 2030 dokonano oszacowania danych wyodrębnionych systemów gospodarowania ekologicznego (Eko) i konwencjonalnego (Konw). Dla wskazania zachodzących tendencji porównywano zmiany w odniesieniu do okresu poprzedzającego.

Analizą objęto zmiany powierzchni użytków rolnych, powierzchni uprawy, plonów i zbiorów wybranych gatunków roślin (zbóż, w tym kukurydzy na ziarno, rzepaku, buraka cukrowego i ziemniaka), produkcji całkowitej roślin uprawianych na UR oraz poziomu intensywności produkcji, mierzonego wielkością całkowitego i jednostkowego zużycia azotu (N), fosforu ( $P_2O_5$ ) i potasu ( $K_2O$ ) w nawozach mineralnych w Polsce. Do obliczenia produktywności roślinnej zastosowano współczynniki przeliczeniowe plonów roślin na jednostki zbożowe (1 j.zb. = 100 kg ziarna zbóż), w odniesieniu tylko do plonów głównych (zbiorów) roślin uprawianych na gruntach ornych, upraw trwałych, łąk i pastwisk.

Ocenę zmian siły oddziaływań środowiskowych rolnictwa dokonano na podstawie zmian sald bilansu azotu brutto sporządzonego według metody zaproponowanej przez OECD i Eurostat (Kremer 2013; Kopiński 2017). Zmiany analizowanych wskaźników zaprezentowano w formie tabelarycznej.

W opracowaniu danych prognostycznych przyjęto następujące założenia metodyczne:

- prognozowane powierzchnie UR, UR w dkr, GO, zasiewów, głównych roślin uprawnych, upraw trwałych, trwałych użytków zielonych (TUZ) oraz stany zwierząt gospodarskich w 2030 roku, przyjęto na podstawie wcześniejszych analiz (Kopiński, Matyka 2014, Kopiński 2019A);
- szacunków powierzchni użytków rolnych i upraw w systemie rolnictwa ekologicznego dla lat 2018-2020 dokonano w oparciu o dane IJHARS (Dane... 2022), przyjmując utrzymanie wzrostowej tendencji udziału powierzchni UR ekologicznych ( $y$ ) do 2030 roku (7%) zgodnie z równaniem linii trendu:  $y = 0,2157x + 0,6229$   $R^2 = 0,644$  w latach 2002-2020 ( $x$ ) oraz utrzymanie dotychczasowej struktury upraw (jak w latach 2018-2020);
- prognozę wysokości plonów wybranych roślin uprawnych określono w oparciu o medianę plonów w latach 2016-2021, uwzględniając średnioterminowe trendy plonowania określone przez Matykę (Matyka 2014) i zaktualizowane (Matyka, Kopiński 2016), skorygowane o 50% ze względu na wpływ ograniczenia stosowania ilości substancji aktywnych w środkach ochrony roślin (ŚOR) na wielkość plonów (Mrówczyński 2021) oraz obniżkę plonu ( $y$ ) spowodowaną zmniejszeniem intensywności nawożenia mineralnego azotem ( $x$ ) zgodnie z równaniem regresji:  $y = 0,3131x + 12,883$   $R^2 = 0,599$  ( $n=323$ ) w latach 2002-2020, zaktualizowanym przez autora (Kopiński 2018C);
- plony roślin uprawianych w systemie rolnictwa ekologicznego zostały obniżone o 20-50% w stosunku do plonów uzyskiwanych w rolnictwie konwencjonalnym (Kuś, Jończyk 2018; Jończyk i in. 2021) oraz o wskaźnik 0,85 odzwierciedlający w perspektywie 2030 roku

ogólną obniżkę plonowania ze względu na większe upowszechnienie rolnictwa ekologicznego;

- wielkość zbiorów poszczególnych roślin przyjęto na podstawie określonych w założeniach powierzchni ich uprawy oraz oszacowanych plonów w systemie rolnictwa ekologicznego, konwencjonalnego i łącznie;
- przewidywany w 2030 roku poziom nawożenia mineralnego poszczególnymi składnikami NPK określono na podstawie równań linii trendu krótkookresowego (kg N/ha UR w dkr):  $y = -0,4345x + 80,862$   $R^2 = 0,06$  w latach 2011-2020 ( $x$ ) i średniookresowych (kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha UR w dkr):  $y = -0,0358x + 25,157$   $R^2 = 0,004$  w latach 2004-2020 ( $x$ ) oraz (kg K<sub>2</sub>O/ha UR w dkr):  $y = 0,5521x + 27,105$   $R^2 = 0,264$  w latach 2006-2020 ( $x$ ), uwzględniając także możliwości obniżenia nawożenia składnikami w granicach 0,2-0,9 kg NPK/ha UR w dkr w wyniku rozwoju rolnictwa precyzyjnego (Madej, Pecio 2021, Smagacz 2016);
- dawki stosowanego w rolnictwie ekologicznym azotu przyjęto na poziomie zerowym „0”, natomiast dawki fosforu stanowiły 5%, a potasu 10%, poziomu dawek stosowanych w rolnictwie konwencjonalnym;
- prognozowane całkowite wielkości zużycia poszczególnych makroskładników NPK w nawozach mineralnych obliczono na podstawie przyjętych w założeniach powierzchni UR w dkr oraz prognozowanych poziomów nawożenia mineralnego (NPK), wg trendów;
- w założeniach prognostycznych przyjęto utrzymanie dotychczasowego (w latach 2012-2020) tempa zużycia wapna nawozowego z lekką korektą -10%, pozwalającego na utrzymanie (niepogarszanie) dotychczasowego stanu agrochemicznego gleb (odczynu pH).

## Wyniki badań i dyskusja

Zasoby ziemi uprawnej w Polsce w odniesieniu do Europy nadal są znaczne i w ostatnich latach 2018-2020 wynosiły 14,7 mln ha UR (tab.1). Od początku XXI w. następował ciągły ubytek powierzchni użytków rolnych (UR) w tempie 160 tys. ha rocznie (Kopiński, Matyka 2014; Kopiński 2018B). W znacznym stopniu wynikało to z uwarunkowań rynkowych (ekonomicznych), w tym dotyczących rolnictwa, jakie miały miejsce w Polsce po wstąpieniu do Wspólnoty Europejskiej (WE) (Wigier i in. 2011; Runowski, 2014). Jednak od 2012 roku tempo ubytku UR, podobnie jak i gruntów ornych (GO), powierzchni zasiewów uległo wyhamowaniu, dlatego przedstawione zmiany prognostyczne (ubytki) nie przekraczają na ogół 3-9% poszczególnych kategorii użytkowych gruntów rolnych (tab. 1). Jak wynika z przyjętych założeń udział powierzchni użytków ekologicznych ulegnie do roku 2030 podwojeniu (do 7% powierzchni UR) i może wynosić 960 tys. ha UR. Rozwój tego systemu produkcji rolniczej będzie w znacznym stopniu uzależniony do wsparcia finansowego w ramach działań w przyszłych Planach Strategicznych WPR, a także od sytuacji makroekonomicznej w Polsce oraz w innych krajach, warunkującej w znacznym stopniu rozwój zakładów przetwarzających produkty ekologiczne oraz rzutującej na zainteresowanie ze strony konsumentów (Kopiński 2019B).

W strukturze zasiewów w ostatnich latach (2012-2020) nadal największy udział mają zboża. Poszczególne gatunki zbóż charakteryzowały się różnymi kierunkami zmian powierzchni uprawy (tab. 2). Do roku 2030 największe spadki powierzchni mogą dotyczyć upraw żyta, owsa i pszenżyta. Spośród zbóż najbardziej dynamicznie i systematycznie wzrasta powierzchnia kukurydzy uprawianej na ziarno, co wiąże się z poprawą opłacalności

i warunków klimatycznych dla jej produkcji (Matyka i Kopiński, 2016). Podobna tendencja, chociaż w mniejszym stopniu, dotyczy także zmian powierzchni uprawy rzepaku. W wielu regionach kraju, zwłaszcza w gospodarstwach wielkoobszarowych, wzrost powierzchni jego uprawy prowadzi do zmniejszenia udziału zbóż w strukturze zasiewów (Kopiński 2019B). Jednak, w perspektywie 2030 roku, dalszy wzrost powierzchni uprawy rzepaku, powyżej 1 mln ha, może być ograniczany głównie warunkami glebowymi (Kopiński, Matyka 2014).

Tabela 1. Stan aktualny i prognoza zmian powierzchni użytków rolnych ogółem w Polsce do roku 2030 (tys. ha)

Table 1. The current state and the projected changes in the total agricultural area in Poland until 2030 (thous. ha)

Wyszczególnienie	2012-2014	2015-2017	2018-2020			Prognoza 2030			Wskaźnik zmian*		
			Ek o	Kon w	Raze m	Ek o	Kon w	Raze m			
Użytki rolne ogółem (UR)	14674	14514	506	14174	14680	960	12840	13800	98,9	101,1	94,0
Użytki rolne w dobrej kulturze rolnej (UR w dkr)	14389	14376	501	14023	14524	955	12775	13730	99,9	101,0	94,5
Grunty orne	10798	10843	390	10600	10990	745	9485	10230	100,4	101,4	93,1
Powierzchnia zasiewów	10377	10693	326	10497	10823	623	9262	9885	103,0	101,2	91,3
Ugory	421	150	64	103	177	122	223	100	35,6	114,7	58,1
Uprawy trwałe	389	388	12	335	347	31	409	440	99,7	89,4	126,8
Trwałe użytki zielone	3162	3117	-	-	3156	-	-	3060	98,6	101,3	97,0
Pozostałe grunty	285	137	-	-	156	-	-	70	48,1	113,9	44,9

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS: (Użytkowanie gruntów... 2013-2022)

Spadkowa tendencja uprawy ziemniaka, po znacznym regresie na przestrzeni ponad 20 lat (Kopiński 2018B), do roku 2030 powinna ulec wyhamowaniu, jednak jego udział w strukturze zasiewów, podobnie jak obecnie, nie będzie przekraczał 3% (tab. 1, 2). Z tab. 2 wynika, że spadkowa tendencja powierzchni uprawy buraka cukrowego jaka zachodziła w ostatnich kilkunastu latach (Kopiński 2018B), została zatrzymana mimo liberalizacji rynku cukru w Europie (Szajner 2017).

Tabela 2. Zmiany powierzchni uprawy wybranych gatunków roślin uprawianych na GO (tys. ha) w latach 2012-2020 oraz prognoza na rok 2030

Table 2. Changes in the cultivation area of selected crops on arable lands (ArL) (thous. ha) in 2012-2020 and the forecast for 2030

Wyszczególnienie	2012 - 2014	2015 - 2017	2018-2020			Prognoza 2030			Wskaźnik zmian*		
			Ek o	Kon w	Raze m	Ek o	Kon w	Raze m			
Pszenica	2185	2390	8	2426	2434	15	2085	2100	109,4	101,8	86,3
Jęczmień	930	906	3	872	875	7	943	950	97,4	96,6	108,6
Żyto	1034	786	30	850	880	51	689	740	76,0	112,0	84,1
Owies	475	477	24	474	498	40	370	410	100,4	104,4	82,3
Kukurydza na ziarno	612	609	3	750	752	5	745	750	99,5	123,5	99,7
Pszenżyto	1158	1424	8	1322	1331	14	1086	1100	123,0	93,5	82,6
Mieszkanka zbożowa	1057	833	7	832	838	12	748	760	78,8	100,6	90,7
Rzepak	864	896	1	899	900	3	947	950	103,7	100,4	105,6
Burak cukr.	201	206	0	242	242	0	230	230	102,5	117,5	95,0
Ziemniak	332	314	1	276	277	2	278	280	94,6	88,2	101,1

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS: (Produkcja... 2013-2022)

Z tabeli 3 wynika, że według przyjętych w założeniach ograniczeń tempa wzrostu plonów większości roślin uprawnych, do roku 2030 powinny one dalej wzrastać, mimo znacznie niższego o 1/3, czy o 1/2 poziomu plonowania w systemie rolnictwa ekologicznego. Większość roślin uprawnych w Polsce posiada nadal znaczny potencjał plonotwórczy, mimo mniejszej niż przeciętnie do krajów UE-27, a zwłaszcza np. Niemiec, dynamiki plonowania (Matyka 2014). Dlatego szczególnie w perspektywie kolejnych lat (do roku 2030), zważywszy na zakładany spadek intensywności produkcji (ograniczenia stosowania nawozów mineralnych), szczególnie istotnym będzie wykorzystanie tzw. pozanawozowych czynników produkcji, tj. postępu biologicznego, technicznego i agrotechnicznego, determinowanych koniecznością utrzymania i zwiększenia konkurencyjności rolnictwa oraz zapewnienia samowystarczalności żywnościowej kraju (Matyka, Kopiński 2016, Smagacz 2016). Należy zaznaczyć, że w Polsce produktywność roślin jest dość ściśle powiązana (dodatkowo) ze zmianami zużycia makroskładników w nawozach mineralnych, a szczególnie azotu ze względu na jego mocno plonotwórczy charakter. Przeciętnie w Polsce każdy wzrost poziomu zużycia azotu w nawozach mineralnych powoduje wzrost produktywności roślin z 1 ha UR w dkr o 0,31 j.zb. (Kopiński 2018C) i odwrotnie (patrz założenia metodyczne). Z



przyjętych założeń wynika, że prognozowana produktywność roślin w roku 2030 może wynieść ok. 39 j.zb. z ha UR w dkr i być o 2,6% wyższa niż w latach 2018-2020 (tab. 3).

Tabela 3. Zmiany plonów wybranych gatunków roślin uprawianych na GO (dt/ha) w latach 2012-2020 oraz prognoza na rok 2030

Table 3. Changes of yields of selected crops cultivated on arable lands (dt/ha) in 2012-2020 and the forecast for 2030

Wyszczególnienie	2012 - 2014	2015 - 2017	2018-2020			Prognoza 2030			Wskaźnik zmian*		
			Eko	Kon	Raze	Eko	Kon	Raze			
				w	m		w	m			
Pszenica	45,3	46,6	29,9	45,9	45,9	27,8	50,4	50,2	102,9	98,5	109,4
Jęczmień	37,3	37,5	26,9	35,9	35,9	22,9	35,9	35,8	100,5	95,7	99,7
Żyto	29,1	29,2	21,7	29,0	28,7	19,0	29,8	29,0	100,3	98,3	101,0
Owies	28,9	28,3	20,6	27,5	27,2	19,1	30,0	28,9	97,9	96,1	106,3
Kukurydza na ziarno	68,1	63,0	41,6	64,0	63,9	37,9	68,5	68,3	92,5	101,4	106,9
Pszenżyto	37,0	36,9	28,0	37,3	37,2	25,4	39,8	39,6	99,7	100,8	106,5
Mieszanka zbożowa	31,1	30,1	22,5	28,1	28,1	20,7	30,5	30,3	96,8	93,4	107,8
Rzepak	30,2	28,3	14,3	28,5	28,5	12,7	29,9	29,9	93,7	100,7	104,9
Burak cukr.	615	626	297	594	594	273	642	642	101,8	94,9	108,1
Ziemniak	242	259	172	264	264	156	282	281	107,3	101,9	106,6
Produkcyjność UR roślinna (j.zb./ha UR w dkr)	37,9	38,2	-	-	38,1	-	-	39,1	100,8	99,7	102,6

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS: (Produkcja... 2013-2022)

Z punktu widzenia celów ekonomicznych, społecznych (bezpieczeństwa żywnościowego i żywnościowego), ale i środowiskowych istotne znaczenie ma i będzie mieć uzyskanie odpowiedniej wielkości produkcji poszczególnych ziemiopłodów. Obecne i przewidywane szacunki są pochodną zmian powierzchni, ale także produktywności (plonowania) poszczególnych upraw roślin. Z analizy zmian zbiorów głównych roślin uprawnych (tab. 4) wynika, że w porównaniu do lat 2012-2014 w okresie lat 2018-2020 wyraźnie wzrosły, spośród wybranych upraw, zbiory pszenicy, kukurydzy na ziarno, pszenżyta i buraka cukrowego. Wzrosła też do 553 mln j.zb. całkowita produktywność roślin. Udział zbiorów poszczególnych upraw w systemie ekologicznym jest zróżnicowany i zależy w znacznym stopniu od wymagań technologicznych, jednak nie przekracza na ogół 4% całkowitych zbiorów rośliny, tak jak w przypadku owsa. Z przedstawionej w tab. 4 prognozy zbiorów



wybranych roślin uprawnych wynika, że do roku 2030 mogą ulec one zmniejszeniu od 15% (żyto) lub ulec zwiększeniu do 11% (rzepak). Przewidywany wzrost zbiorów dotyczyć będzie także jęczmienia, kukurydzy na ziarno, buraka cukrowego i ziemniaka. Natomiast prognozowana całkowita produktywność roślin może ulec zmniejszeniu w odniesieniu do lat 2018-2020 o 2,8% i wynieść 537 mln j.zb.

Tabela 4. Zmiany zbiorów wybranych gatunków roślin uprawnych (tys.t) w latach 2012-2020 oraz prognoza na rok 2030

Table 4. Changes of the harvest of selected crops (thous. t) in 2012-2020 and the forecast for 2030

Wyszczególnienie	2012-2014	2015-2017	2018-2020			Prognoza 2030			Wskaźnik zmian*		
			Ek o	Kon w	Raze m	Ek o	Kon w	Raze m			
Pszenica	9907	11150	24	11143	11167	40	10509	10549	112,5	100,2	94,5
Jęczmień	3463	3398	9	3133	3141	16	3382	3398	98,1	92,4	108,2
Żyto	3013	2295	66	2463	2529	98	2049	2147	76,2	110,2	84,9
Owies	1372	1347	49	1303	1352	76	1109	1185	98,2	100,4	87,6
Kukurydza na ziarno	4168	3840	10	4796	4807	19	5105	5124	92,1	125,2	106,6
Pszennyto	4290	5251	23	4932	4955	35	4325	4359	122,4	94,4	88,0
Mieszanka zbożowa	3288	2504	15	2337	2353	26	2280	2305	76,2	94,0	98,0
Rzepak	2606	2539	2	2565	2567	3	2837	2840	97,4	101,1	110,6
Burak cukrowy	12358	12874	1	14361	14362	2	14757	14760	104,2	111,6	102,8
Ziemniak	8007	8119	15	7293	7309	28	7839	7868	101,4	90,0	107,6
Produkcja całkowita UR (roślin) (mln j.zb.)	545,2	549,3	-	-	552,9	-	-	537,4	100,8	100,7	97,2

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS: (Produkcja... 2013-2022)

Ważnym aspektem w wykorzystaniu potencjału produkcyjnego polskiego rolnictwa, także w kontekście bezpieczeństwa żywnościowego jest utrzymanie żyzności gleby, zapewniającej uzyskanie odpowiednich efektów produkcyjnych i ekonomicznych, przy stabilizacji stanu środowiska, co w pewnym sensie mieści się w koncepcji EZŁ.

W analizowanych okresach lat 2012-2020, łączne zużycie składników nawozowych NPK w nawozach mineralnych w Polsce było bliskie 2 mln t, a w odniesieniu do ha UR w dkr mieściło się w dość wąskim przedziale 133-136 kg NPK (tab. 5). Z wcześniejszych prac Kopińskiego (2018C) wynika, że praktycznie od pierwszych lat XXI w. do 2015 roku zużycie to znajdowało się w dynamicznym trendzie wzrostowym, odwrotnym niż w większości

krajów UE-27 (Matyka 2013). O ile w tych latach wzrost ten był powodowany głównie zwiększonym zużyciem azotu z nawozów mineralnych, to w latach 2012-2020 najmocniej wzrastało zużycie potasu, poprawiając dotychczasowe relacje N:P:K, co ze względów produkcyjnych i środowiskowych jest korzystne.

Z analizy obecnych uwarunkowań i przewidywanych kierunków zmian wynika, że zużycie składników NPK w nawozach mineralnych do roku 2030 może się zmniejszyć o ok. 12% do 1746 tys. t. W odniesieniu do lat 2018-2020 poziom zużycia NPK może spaść o 6-7% i wynosić 68,3 kg N/ha UR w dkr, 22,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha UR w dkr i 36,4 kg K<sub>2</sub>O/ha UR w dkr. Mimo zakładanego rozwoju rolnictwa ekologicznego do 7% powierzchni UR w dkr w roku 2030, zużycie fosforu i potasu w tym systemie ulegnie niewielkim zmianom.

Tabela 5. Zmiany zużycia składników nawozowych NPK w nawozach mineralnych w latach 2012-2020 oraz prognoza na rok 2030

Table 5. Changes in the consumption of mineral fertilizers (NPK) in 2012-2020 and the forecast for 2030

Wyszczególnienie	2012-2014	2015-2017	2018-2020			Prognoza 2030			Wskaźnik zmian*		
			Eko	Konw	Razem	Eko	Konw	Razem			
Razem NPK (tys. t)	1941	1914	3	1976	1978	5	1741	1746	98,6	103,3	88,3
Azot (N) (tys. t)	1132	1066	0	1069	1069	0	938	938	94,2	100,3	87,7
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (tys. t)	366	325	1	347	347	1	307	308	88,8	106,8	88,8
Potas (K <sub>2</sub> O) (tys. t)	443	523	2	560	562	4	496	500	118,1	107,5	89,0
Razem NPK (kg/ha UR w dkr)	134,9	133,2	5,2	140,8	136,2	5,1	136,3	127,2	98,7	102,3	93,4
Azot (N) (kg/ha UR w dkr)	78,7	74,2	0	76,2	73,6	0	73,4	68,3	94,3	99,2	92,8
Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/ha UR w dkr)	25,4	22,6	1,2	24,7	23,9	1,2	24,1	22,5	89,0	105,8	94,1
Potas (K <sub>2</sub> O) (kg/ha UR w dkr)	30,8	36,4	4,0	39,9	38,7	3,9	38,8	36,4	118,2	106,3	94,1

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS: (Środki produkcji... 2013-2022)

W tabeli 6 podano rzeczywiste (lata 2012-2020) wielkości i prognozowane zmiany poszczególnych elementów bilansu azotu brutto, umożliwiające ocenę zmian siły oddziaływania działalności rolniczej na środowisko (Kopiński 2017; Wrzaszcz, Kopiński 2019). Z analizy danych wynika, że w poszczególnych okresach lat 2012-2020 wielkości wnoszonego i wynoszonego azotu brutto, pomimo różnych kierunków zmian elementów składowych, pozostawały względnie stabilne. Jego saldo oscylowało na poziomie 47-48 kg/ha UR w dkr, z efektywnością wykorzystania 63-64%, co raczej nie świadczy o

znaczącym zagrożeniu środowiskowym. Z opracowanej prognozy wynika, że w 2030 r. wielkość salda azotu (w masie) zmniejszy się o 15% w odniesieniu do okresu lat 2018-2020, osiągając wielkość 594 tys. ton N (tab. 6). W porównaniu do tego okresu jednostkowe saldo bilansu azotu brutto do roku 2030-tego może ulec obniżeniu o 5 kg (o ok. 10%) osiągając poziom 43,3 kg N/ha UR w dkr. Zasadniczo będzie to wynikać ze zmniejszenia poziomu nawożenia mineralnego (racjonalizacji stosowania środków produkcji), co powinno jednocześnie wpłynąć na poprawę efektywności wykorzystania składników nawozowych o ok. 3 p.p.

Tabela 6. Zmiany elementów składowych bilansu azotu brutto (tys.t) w latach 2012-2020 oraz prognoza na rok 2030

Table 6. Changes of the performance of the gross nitrogen balance components (thous. t) in 2012-2020 and the forecast for 2030

Wyszczególnienie	2012-2014	2015-2017	2018-2020	Prognoza 2030	Wskaźnik zmian*		
Wnoszenie składników	1 897	1 882	1 899	1 742	99,2	100,9	91,7
Nawozy mineralne	1 132	1 066	1 069	938	94,2	100,3	87,7
Nawozy naturalne	518	539	581	569	104,1	107,8	97,9
Opad atmosferyczny	156	153	129	129	98,1	84,3	100,0
Biologiczne wiązanie azotu	54	84	81	70	155,6	96,4	86,4
Nasiona roślin	33	35	35	31	106,1	100,0	88,6
Wynoszenie składników	1 210	1 212	1 197	1 148	100,2	98,8	95,9
Zbiory zbóż	515	525	531	508	101,9	101,1	95,7
Zbiory roślin oleistych	90	88	89	99	97,8	101,1	111,2
Zbiory strączkowych na nasiona	18	29	27	35	161,1	93,1	129,6
Zbiory roślin przemysłowych	22	23	25	26	104,5	108,7	104,0
Pozostałych roślin towarowych	47	47	44	44	100,0	93,6	100,0
Zbiory roślin pastewnych	137	142	135	112	103,6	95,1	83,0
Zbiory z łąk i pastwisk	316	301	291	276	95,3	96,7	94,8
Zbierane plony uboczne roślin i poplony	66	57	54	50	86,4	94,7	92,6
Saldo N (tys. t)	687	670	702	594	97,5	104,8	84,6
Saldo N (kg N/ha UR w dkr)	47,8	46,6	48,3	43,3	97,5	103,6	89,6
Wskaźnik efektywności wykorzystania N (%)	63,8	64,4	63,0	65,9	100,6	98,6	102,9

\* - zmiana w odniesieniu do okresu poprzedzającego (okres poprzedni = 100)

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS, KOBiZE, GIOŚ

Z przeprowadzonej analizy można wnioskować, że przewidywane w Polsce do roku 2030 tendencje zmian struktury użytkowania gruntów w różnych systemach gospodarowania i jednocześnie obniżenie intensywności produkcji roślinnej oraz produktywności użytków rolnych, będą prowadzić do poprawy parametrów stanu środowiska, wynikającej przede wszystkim ze zmniejszenia presji środowiskowej ze strony biogennych, a zwłaszcza azotu.

## Podsumowanie

Przedstawiona analiza możliwych do roku 2030 zmian zachodzących w produkcji roślinnej, poziomu nawożenia mineralnego oraz oddziaływania środowiskowego rolnictwa ma charakter ramowy i wynika z przyjętych założeń metodycznych. Trafność przedstawionej prognozy zależy w dużym stopniu od tzw. czynników zewnętrznych, w tym kształtu interwencji i wymogów WPR, czy skali zagrożeń wynikających z konfliktów międzynarodowych. Mimo, że sytuację ostatnich 9 lat do 2020 roku należy ocenić jako względnie stabilną, to w perspektywie 2030 roku należy oczekiwać generalnie obniżenia intensywności nawożenia i całkowitej produkcji roślinnej, przy wzroście powierzchni upraw ekologicznych, z jednoczesną poprawą efektywności wykorzystania składników nawozowych, co powinno prowadzić do zmniejszenia presji ze strony produkcji rolniczej na środowisko.

W strukturze zasiewów spośród zbóż najbardziej dynamicznie i systematycznie będzie wzrastać udział powierzchni kukurydzy uprawianej na ziarno, przy stabilizacji powierzchni uprawianego rzepaku, buraka cukrowego i ziemniaka. Obniżenie do roku 2030 poziomu intensywności produkcji roślinnej, wynikającej ze zmniejszenia nawożenia składnikami nawozowymi o 6-7%, w tym głównie azotem, wpłynie głównie na obniżenie tempa wzrostu plonowania wielu uprawianych roślin, co zważywszy na przewidywane lepsze wykorzystanie tzw. pozanawozowych czynników produkcji powinno prowadzić do poprawy wykorzystania składników nawozowych. W roku 2030 całkowita produkcja roślinna może ulec niewielkiemu zwiększeniu w odniesieniu do lat 2018-2020 o 2,8% i wynieść 537 mln j.zb., pozwalając na zachowanie pod tym względem samowystarczalności. W konsekwencji saldo bilansu azotu brutto może ulec obniżeniu do 2030 roku o ok. 10% do 43,3 kg N/ha UR w dkr, wskazując na kierunek zmniejszania siły presji rolnictwa na środowisko.

## Literatura

- Dane o rolnictwie ekologicznym (Data on organic farming). (2022). *IJHRS*, Warszawa. Tryb dostępu: <https://www.gov.pl/web/ijhars/dane-o-rolnictwie-ekologicznym> Data dostępu: 9.06.2022.
- Józwiak, W. (2013). Warunki gospodarowania oraz zmiany zachodzące w rolnictwie w latach 1989-2010 (The conditions of management and changes occurring in agriculture in 1989-2010). [W:] Zmiany zachodzące w gospodarstwach rolnych w latach 2002-2010. PSR 2010, (red.) W. Józwiak i W. Ziętara. *GUS*, Warszawa, 7-23.
- Jończyk, K., Stalenga, J., Kopiński, J. (2021). Ocena możliwości ograniczenia strat biogenów w efekcie wzrostu powierzchni rolnictwa ekologicznego (Assessment of the possibility of reducing nutrient losses as a result of the increase in organic farming area. [W:] P. Skowron (red.) Analiza i propozycje wskaźników dla potrzeb Planu Strategicznego Wspólnej Polityki Rolnej, dotyczących realizacji celu Strategii „Bioróżnorodności” oraz Strategii „Od pola do stołu” (F2F) – ograniczania strat składników pokarmowych oraz stosowania/zużycia nawozów. *Ekspertyza na potrzeby MRiRW, Puławy*, 82-90 (mat. niepublikowane)

- Jończyk, K., Stalenga, J. (2010). Możliwości rozwoju różnych systemów produkcji rolniczej w Polsce (Possibilities of development of various agricultural production systems in Poland). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 22: 87-99.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu regionów. 2020. Strategia „od pola do stołu” na rzecz sprawiedliwego, zdrowego i przyjaznego dla środowiska systemu żywnościowego. *EC (European Commission)*, COM(2020) 381 final, 20.5.2020.
- Kopiński, J. (2019A). Aktualizacji i uzupełnienia danych prognostycznych w zakresie podstawowych aktywności rolniczych, z których szacowane są emisje gazów cieplarnianych na potrzeby przygotowania 7 Raportu Rządowego dla Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych (Updating and supplementing forecast data in the field of basic agricultural activities, from which greenhouse gas emissions are estimated for the purposes of the preparation of the 7th Government Report for the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention). *Ekspertyza na potrzeby MRiRW*, Puławy, lipiec 2019 (materiały niepublikowane).
- Kopiński, J. (2017). Bilans azotu brutto - agrośrodowiskowy wskaźnik oddziaływania rolnictwa na środowisko. Opis metodyki, omówienie wyników bilansu na poziomie NUTS-0, NUTS-2. (Gross nitrogen balances (budget) - agrienviromental indicators of changes of agricultural production. Methodology and the results of balances on the level NUTS-0 (Poland), NUTS-2 (voivodeships)). *IUNG-PIB Monografie i rozprawy naukowe*, Puławy, 55.
- Kopiński, J. (2019B). Kierunki rozwoju różnych systemów produkcji roślinnej w Polsce (Directions of development of various plant production systems in Poland). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 60(14): 103-128.
- Kopiński, J. (2018A). Ocena zmian organizacyjno-produkcyjnych w polskim rolnictwie w kontekście wybranych oddziaływań środowiskowych. (Assessment of organizational and production changes in Polish agriculture in the context of selected environmental impact). *Problemy Rolnictwa Światowego*, 18(4), 284-294.
- Kopiński, J. (2018B). Stan aktualny oraz prognoza zmian różnych kierunków produkcji rolniczej w Polsce (The current state and the forecast of changes in various directions of agricultural production in Poland). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 55(9), 47-75.
- Kopiński, J. (2018C). Zróżnicowanie gospodarki nawozowej azotem w polskim rolnictwie (Diversity of nitrogen management in Polish agriculture). *Pol. J. Agron.*, 32, 3-16.
- Kopiński, J., Krasowicz, S. (2021). Regionalne zróżnicowanie nawozochłonności produkcji roślinnej. (Analysis of changes in the reaction of Polish soils until 2030, in the context of the possibility of limiting the potential losses of macronutrients). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2021, 65(19), 123-149.
- Kopiński, J., Matyka, M. (2014). Stan obecny i przewidywane zmiany produkcji rolniczej w Polsce w perspektywie roku 2030 (The current state and projected changes in agricultural production in Poland in the perspective of 2030). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 40(14), 45-58.
- Kopiński, J., Ochal, P. (2022). Analiza zmian odczynu gleb Polski do roku 2030, w kontekście możliwości ograniczenia potencjalnych strat makroskładników nawozowych. (Analysis of changes in the reaction of Polish soils until 2030, in the context of the possibility of limiting the potential losses of macronutrients). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2022, 67(21) (w druku).
- Kuś, J., Jonczyk, K. (2018). Produkcyjne i środowiskowe skutki stosowania różnych systemów gospodarowania w Osinach. (Production and environmental effects of different farming systems tested in an experiment in Osiny [W:] M. Marks, M. Jastrzębska, M. K. Kostrzewska (red.) *Ekspertyzmany wieloletnie w badaniach rolniczych w Polsce. UWM, Olsztyn*, 133-157.
- Kremer, A.M. (2013). Nutrient Budgets EU-27, Norway, Switzerland. Methodology and Handbook. Luxembourg, *Eurostat/OECD. EC Eurostat*, ver. 1.02, date: 17/05/2013.
- Madej, A., Pecio, A. (2021). Możliwości ograniczenia strat biogenów poprzez optymalizację nawożenia w warunkach rolnictwa precyzyjnego w Polsce (Possibilities of reducing nutrient losses by optimizing fertilization in the conditions of precision agriculture in Poland). *Ekspertyza dla MRiRW*, Puławy (materiały niepublikowane).
- Matyka, M. (2014). Plonowanie wybranych gatunków roślin uprawnych w Polsce, Niemczech i 27 krajach Unii Europejskiej w latach 1961-2012 (Yielding of selected agricultural crops in Poland, Germany and 27 countries of European Union in the years 1961-2012). *Rocz. Nauk. SERIA*, 16(3), 183-187.
- Matyka, M. (2013). Tendencje zmian zużycia nawozów mineralnych w Polsce na tle Unii Europejskiej. (Trends in consumption of mineral fertilizers in Poland against the background of the European Union). *Rocz. Nauk. SERIA*, 15(3) 237-241.
- Matyka, M., Kopiński, J. (2016). Tendencje zmian w produkcji roślinnej w Polsce w latach 2000-2014 (Trends in changes in plant production in Poland in 2000-2014 years). *Monografie PW IERiGŻ-PIB*, R-39, 11-31.
- Michalczyk, J. (2013). Główne przesłanki bezpieczeństwa żywnościowego Polski i próba jego pomiaru (Main determinants of Poland's food security and an attempt of its measuring). *Prace Nauk. UE we Wrocławiu*, 315, 577-591.

- Mikuła, A. (2012). Bezpieczeństwo żywnościowe Polski (Food security in Poland). *Rocz. Nauk. Rol. i Roz. Ob. Wiejskich*, 99(4), 39-48.
- Mrówczyński, M. (2021). Skutki wycofania substancji czynnych środków ochrony roślin dla praktyki rolniczej, doradztwa, nauki i środowiska (Effects of withdrawal of active substances in plant protection products for agricultural practice, consulting, science and the environment). *Mat. webinarium (pdf)*, Poznań, 26.03.2021.
- Ochrona Środowiska 2014...2020 (Environmental), (2013-2021). *GUS*, Warszawa.
- Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027. (Strategic Plan for the Common Agricultural Policy for 2023-2027). (2021). *MRiRW*, Warszawa, II wersja projektu, lipiec 2021.
- Poland's National Inventory Reports 2016...2022, (2016-2022). *IOŚ-PIB, KOBIZE*, Warszawa.
- Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2012...2020 roku, (Production of agricultural and horticultural crops in 2012...2020), (2013-2022). *GUS*, Warszawa.
- Raport roczny z badań monitoringowych w 2020 roku. (Annual report on monitoring studies in 2020). (2022). *IMGW-PIB*, Warszawa, s. 488. Tryb dostępu: <https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/documents/download/109960>  
Data dostępu: 9.06.2022.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa (Statistical yearbook of agriculture), (2013-2021) *GUS*, Warszawa.
- Runowski, H. (2014). Ekonomia rolnictwa – przemiany w gospodarstwach rolnych. (The economics of agriculture - changes in farms). [W:] N. Drejerska (red.) Rolnictwo, gospodarka żywnościowa, obszary wiejskie – 10 lat w Unii Europejskiej. (s. 31-48). *Wyd. SGGW*, Warszawa.
- Smagacz, J. (2016). Konsekwencje organizacyjne i środowiskowe różnych systemów uprawy roli. (Organizational and environmental consequences of different tillage systems). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 47(1), 71-85.
- Stan środowiska w Polsce. Raport 2014, (The state of the environment in Poland. Report 2014). (2014). *Biblioteka Monitoringu Środowiska.*, Warszawa, s. 208 oraz dane GIOŚ 2017 niepublikowane.
- Szajner, P. (2017). Strategiczne aspekty rozwoju sektora cukrowniczego w Polsce po reformie regulacji rynkowych w 2017 r. (Strategic aspects of the development of the sugar sector in Poland after the reform of market regulation in 2017). *Mat. Konf. IERiGŻ-PIB*, Licheń, 19-21 Czerwiec 2017.
- Środki produkcji w rolnictwie w roku gospodarczym 2011/2012...2019/2020 (Means of production in agriculture), (2013-2022). *GUS*, Warszawa.
- Udział polskiego rolnictwa w emisji związków azotu i fosforu do Bałtyku. (Contribution of Polish agriculture to emission of nitrogen and phosphorus compounds to the Baltic Sea). J. Igrasa i M. Pastuszek (red.) (2009). *IUNG-PIB Puławy, MIR Gdynia*, ss. 416.
- Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowię zwierząt gospodarskich w 2012...2020 roku, (Land use and sown area in 2012...2020), (2013-2022). *GUS*, Warszawa.
- Wigier, M. (red.). (2011). Analiza efektów realizacji polityki rolnej wobec rolnictwa i obszarów wiejskich (Analysis of the effects of agricultural policy implementation on agriculture and rural areas). *Wyd. IERiGŻ-PIB (PW 2011-2014)*. Warszawa, 26, ss. 144.
- Wpływ Europejskiego Zielonego Ładu na polskie rolnictwo (Influence of the European Green Deal on Polish agriculture). (2022). *Polityka Insight*, Warszawa, ss. 118.
- Wrzaszcz, W., Kopiński, J. (2019). Gospodarka nawozowa w Polsce w kontekście zrównoważonego rozwoju rolnictwa. *Studia i monografie, IERiGŻ-PIB*, 178, ss. 145.
- Zalewski, A. (2022). Rynek nawozów mineralnych w Polsce – stan obecny i tendencje zmian (The mineral fertilizers market in Poland - the current state and trends of changes). *Mat. webinarium IERiGŻ-PIB*. Warszawa, 25.03.2022. (mat. niepublikowane).
- Zwierzęta gospodarskie w 2014...2020 roku, (Farm animals in 2014...2020) (2015-2021). *GUS*, Warszawa.

#### Do cytowania / For citation:

- Kopiński J., Smagacz J., Stalenga J. (2022). Wpływ możliwych zmian struktury i poziomu intensywności produkcji na produktywność roślin i siłę oddziaływań środowiskowych w perspektywie 2030 roku. *Problemy Rolnictwa Światowego*, 22(2), 4-16; DOI: 10.22630/PRS.2022.22.2.5
- Kopiński J., Smagacz J., Stalenga J. (2021). The impact of possible changes in the structure and intensity of agricultural production on the crop yields and environment in 2030 (in Polish). *Problems of World Agriculture*, 22(2), 4-16; DOI: 10.22630/PRS.2022.22.2.5