



## Wstęp

Celem opracowania jest próba wyjaśnienia źródeł historycznie ukształtowanego zróżnicowania poziomu rozwoju gospodarczego pomiędzy wschodnią a zachodnią częścią Polski. Zgodnie z ideą klasycznej ekonomii przyjęto założenie, że źródłem bogacenia się społeczeństwa była w pierwszej kolejności ziemia, a następnie praca. Społeczna wydajność pracy, rozumiana jako wartość produkcji wytworzonej w danym czasie przez wszystkich zatrudnionych, powinna być głównym czynnikiem sprawczym rozwoju gospodarczego. Wydajność ta była większa w tych regionach, które charakteryzowały się większą gęstością zaludnienia. Z kolei gęstość tego zaludnienia była uzależniona od ilości dostępnej w danym regionie żywności.

Podstawowe artykuły żywnościowe, takie jak zboża, ziemniaki, mleko i mięso są towarami, które w przeszłości nie mogły być przemieszczane na znaczne odległości ze względu na dużą masę oraz małą podatność transportową w stanie nieprzetworzonym. Stąd też regiony, gdzie ziemia mogła dostarczyć więcej żywności, charakteryzowały się większą gęstością zaludnienia. Dobrym przykładem jest w tym przypadku liczba ludności i jej zagęszczenie w dawnych Chinach. Było to możliwe, bowiem, jak podaje Landes, już w XI wieku plony ryżu wynosiły tam 2700 litrów z 1 ha<sup>1</sup>. Według Wyczańskiego, plony zbóż - o porównywalnej do ryżu wartości pokarmowej - w Polsce w tym samym okresie były prawie siedmiokrotnie niższe<sup>2</sup>.

W regionach o większej gęstości zaludnienia lepiej rozwijało się rzemiosło i handel. Możliwe jest, że w tej sytuacji rolnictwo również odnosiło wymierne korzyści ekonomiczne. Wyższy popyt na produkty rolne sprawiał, że ceny za nie uzyskiwane mogły tam być wyższe, niż w regionach oddalonych od większych skupisk ludności i charakteryzujących się mniejszą gęstością zaludnienia. Stąd też chłopcy mogli pozwolić sobie na inwestycje, które ułatwiały im pracę – zastosowanie narzędzi bądź też wynajęcie pracowników do najcięższych prac.

W tym miejscu należałoby postawić pytanie: jakie czynniki kształtują ilość dostępnej żywności? Jest ona uzależniona od produktywności ziemi, którą należy rozumieć jako ilość wyprodukowanej żywności z jednostki powierzchni. W świetle współczesnej wiedzy, produktywność jest kształtowana przede wszystkim przez rodzaj i typ gleby. Gleby wykorzystywane rolniczo, zaliczane do czarnoziemów i gleb brunatnych, charakteryzują się najwyższą produktywnością. Jednak w Polsce odsetek gleb najlepszych klas nie przekracza 5%. Co więcej, gleby te mogły być niedostępne w przeszłości, ponieważ w znacznej części porastały je lasy liściaste. Z kolei gleby słabe i bardzo słabe charakteryzują się niską produktywnością, a ich odsetek w Polsce przekracza aż 75%. Nie ma na ten temat szczegółowych danych, ale można przypuszczać, że obecna struktura gleb była taka sama jak w przeszłości.

<sup>1</sup> Landes D.S. (2000), *Bogactwo i nędza narodów*. MUZA SA, Warszawa, s. 42-48.

<sup>2</sup> Wyczański A. (2002), *Gospodarska wiejska w Polsce XIV wieku w ujęciu liczbowym (próba oceny)*. Roczniki Dziejów Społecznych i Gospodarczych. Tom LXII, s. 167-188.

Równie ważnym czynnikiem jak jakość gleb, jest przebieg warunków klimatycznych. Główne znaczenie miała w tym wypadku ilość dostępnej dla roślin wody w sezonie wegetacyjnym oraz temperatura i nasłonecznienie. Zdarzające się dość często okresy suszy powodowały głód, a tym samym zahamowanie rozwoju społecznego i gospodarczego. Występowały również inne czynniki, mające wpływ na podaż żywności. Odnotowana przez Keigwin i Lloyd od połowy XVI do końca XIX wieku mała epoka lodowcowa, z przypadającym na połowę XVII wieku tak zwanym minimum Maundera, również miała wpływ na podaż żywności<sup>3</sup>. Istnieją wyraźne przesłanki, że tak zwany „potop” szwedzki, szczególnie dotkliwy dla Polski, był spowodowany brakiem żywności na półwyspie skandynawskim, wskutek bardzo długich i ostrych zim w tamtym okresie. Opisywany w literaturze przez Stommel rok 1816, nazwany został „rokiem bez lata”. Wywołany on zastał wybuchem wulkanu Tambora i spowodował wulkaniczną zimę, doprowadzając do lokalnych klęsk głodu na całym świecie<sup>4</sup>. Pomimo tego, występujące dość krótko niekorzystne warunki nie mogły mieć znaczącego wpływu na kształtowanie się podaży żywności w długim okresie.

Człowiek uprawiający ziemię od zarania dziejów poszukiwał metod, które pozwoliłyby na podniesienie produktywności ziemi. Jak podają Balentine<sup>5</sup> i Henner<sup>6</sup>, istnieją dowody na to, że już starożytni Grecy i Rzymianie stosowali w produkcji rolniczej nawozy mineralne, a doświadczenia nad wpływem nawożenia mineralnego na plony roślin uprawnych były prowadzone w XIX wieku. W Polsce opisano tego typu doświadczenia już na początku XX wieku przez Terlikowskiego<sup>7</sup>, Vovka<sup>8</sup> i Górskiego<sup>9</sup>. Również kultura uprawy gleby – wprowadzenie uprawy płuźnej i płodozmianu, nawadnianie i odwadnianie użytków rolnych przyczyniło się wydatnie do podniesienia plonowania roślin. Należy jednak zdać sobie sprawę, że takie postępowanie dotyczyło niewielkiej grupy producentów żywności. W Polsce na większą skalę uprawę płuźną zaczęto stosować pod koniec XIX wieku, a nawozy mineralne weszły do powszechnego użycia dopiero po II wojnie światowej. Do tego czasu plonowanie roślin było uzależnione przede wszystkim od czynników naturalnych.

W świetle najnowszych badań, pojawił się nowy czynnik, który miał istotny wpływ na poziom plonowania roślin w przeszłości i w czasach obec-

<sup>3</sup> Keigwin, Lloyd D. (1996), *The Little Ice Age and Medieval Warm Period in the Sargasso Sea*, Science 274, (5292): 1503-1508.

<sup>4</sup> Stommel H&E: *Volcano Weather: The Story of 1816, the Year without a Summer*, Seven Seas Press, Newport RI 1983.

<sup>5</sup> Balentine W. (1893), *Investigations of the foraging power of some agricultural plants for phosphoric acid*. Soil Sci. V. 6 p. 351-364.

<sup>6</sup> Henner G. (1930), *Die feldbaumtechnischen Anschauungen des Altertum im Lichte der neuzeitlichen Ackerbaumwissenschaft*. Dtsch. Rundschau t. III z. 1.

<sup>7</sup> Terlikowski F. (1923), *Materiały do kwestji wpływu roztworów glebowych na rozwój systemu korzeniowego roślin*. Roczniki Nauk Rolniczych, Tom IX s. 544 i nast.

<sup>8</sup> Vovk B. (1929), *Działanie fosforytu w zależności od wysokości dawki i nawożenia azotowego*. Roczn. Nauk. Rol. i Leśnych, T. XXII s. 89-135.

<sup>9</sup> Górski M., Klarner S. (1930), *Porównanie nawozów azotowych pod machorkę*. Roczn. Nauk Rol. i Leśnych. XXIV t. 2 s. 200-205.

nych. Czynnikiem tym jest naturalne zróżnicowanie zawartości metali ciężkich w glebach użytkowanych rolniczo. Współczesna wiedza skupia się prawie wyłącznie na szkodliwości tych metali dla organizmu człowieka i wszelkich istot żywych. Jednak przegląd wyników ponad 20 000 prac naukowych dokonanych przez Calabrese (2001) dowodzi, że każda szkodliwa substancja – nie wyłączając metali ciężkich – w odpowiednio niskiej dawce ma dodatni wpływ na poprawienie zdrowotności ludzi i zwierząt, zmniejszenie zapadalności na choroby oraz wzrost plonowania roślin<sup>10</sup>. Efekty ekonomiczne związane z wystąpieniem efektu hormetycznego w rolnictwie zostały przedstawione przez Szarka<sup>11,12,13,14</sup> (2005, 2007, 2008, 2009).

### **Efekt hormetyczny w badaniach naukowych**

Podstawy leksykalne słowa „efekt hormetyczny” stworzone zostały w 1902 roku przez angielskich fizjologów E. Starlinga i W. Baylissa, którzy odkryli sekretynę - substancję pobudzającą wydzielanie trzustki. Substancje o takim działaniu, wydzielane w małych ilościach nazwane zostały hormonami. Pojęcie „hormon” ma etymologię w greckim słowie hormón oznaczającego pobudzać, a wywodzi się ono bezpośrednio od słowa hormē oznaczającego impuls, atak, napaść.

Obecnie przyjmuje się, że pionierem badań nad dobroczynnym dla organizmów żywych wpływem niskich dawek substancji toksycznych był Rudolf Virchow, który badał wpływ NaOH na przepuszczalność roślinnych błon komórkowych. Jego pierwsze prace opublikowane zostały w 1854 roku<sup>15</sup>. Po tym okresie prace, które można powiązać z efektem hormetycznym, opublikowali: Hugo Shultz, Rudolf Arndt i von Bezold.

W 1926 roku C. Southam i J. Ehrlich zaobserwowali, że użyty do doświadczeń ekstrakt z twardej drewna cedrowego ma działanie hamujące wzrost grzybów. Jednocześnie ten sam ekstrakt -ale w małych dawkach- te same grzyby pobudzał do wzrostu<sup>16</sup>. Opublikowane wyniki ich badań zawierały zmodyfikowane słowo Starlinga – „hormesis”, oznaczającego stymulujące działanie na organizmy żywe małych dawek substancji, które w większych dawkach są inhibitorami wzrostu i rozwoju.

Southam i Erlich jako pierwsi użyli słowa hormeza, nie oznacza to jednak, że jako pierwsi zapoczątkowali badania w tym zakresie. Już na początku ubiegłego stulecia Stewart i Smith zaobserwowali stymulujące dzia-

<sup>10</sup> Calabrese EJ and Baldwin LA. 2001. *Special Issue: Scientific Foundations of Hormesis*. *Critical Reviews in Toxicology* 31: 347-695.

<sup>11</sup> Szarek S., (2005), *Deficiencies in the law of diminishing returns Part I*, EJPAU, 8(3), #3.

<sup>12</sup> Szarek S., (2005), *Use of concept of hormesis phenomenon to explain the law of diminishing returns*. Part II, EJPAU, 8(4), #61.

<sup>13</sup> Szarek S. (2007), *Znaczenie efektu hormetycznego w zrównoważonym rozwoju rolnictwa*. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Oeconomica* 254 (47), Wyd. Naukowe Akademii Rolniczej Szczecina, s. 315.

<sup>14</sup> Szarek S. (2009), *Efekt hormetyczny a efektywność produkcji roślinnej*. *Journal of Agribusiness and Rural Development*. Zeszyt 2 (12) 2009, s. 209-219.

<sup>15</sup> Virchow R. (1854), *Über die Erregbarkeit der Flimmerzellen*. *Virch Arch* 6: 133-34.

<sup>16</sup> Southam C.M., Ehrlich J. (1943), *Effects of extract of western red cedar heartwood on certain wood-decaying fungi in culture*. *Phytopathology* 33; 517-524.

łanie toksycznego arsenu na rozwój ziemniaków, oraz wpływ arsenianu sodu na wzrost i przyrosty świeżej masy owsa<sup>17</sup>. W tym okresie Neger i Sommer prowadzili badania nad stymulującym działaniem niskich dawek glinu (Al) na wzrost i plonowanie innych roślin<sup>18,19</sup>.

Od tego czasu w bazach danych na świecie pojawiło się wiele prac opisujących wystąpienie efektu hormetycznego. Pod koniec ubiegłego wieku pojęcie hormezy nabrało nowego znaczenia dzięki pracom toksykologa E. Calabrese, który dokonał syntezy prac badawczych nad przejawami działania efektu hormetycznego w świecie istot żywych - roślin i zwierząt<sup>20</sup>. Jego prace, jak również prace polskich uczonych, (m.in. Jaworowskiego<sup>21,22</sup>), zajmujących się zagadnieniem wpływu promieniowania jonizującego na organizm doprowadziły do tego, że w 1994 roku UNSCEAR zaakceptował zjawisko hormezy<sup>23</sup>.

Wszelkie organizmy żywe otaczają szkodliwe substancje - metale ciężkie, toksyczne gazy. Ponadto organizmy te są ciągle wystawione na różnego rodzaju, działające z różnym natężeniem promieniowanie jonizujące oraz promieniowanie UV. Terelak i inni stwierdzili, że te same gatunki roślin bytują w środowiskach, gdzie zawartość w glebie metali ciężkich jest bardzo niska, lub też poziom promieniowania jonizującego jest bardzo mały<sup>24</sup>. Inne zaś za środowisko życia i rozwoju obrały sobie - lub zrobił to świadomie człowiek - miejsca, gdzie koncentracja szkodliwych pierwiastków, gazów lub poziom promieniowania jest relatywnie wysoki a nawet bardzo wysoki. To, że organizmy te żyją i rozmnażają się w tak różnych warunkach jest zasługą homeostazy, natomiast wpływ określonych dawek tych substancji na organizmy żywe można wyjaśnić jedynie przy zastosowaniu hormezy.

Koncepcja hormezy zakłada, że każda substancja toksyczna w odpowiednim stężeniu, wywiera stymulujący wpływ na organizm istot żywych, przejawiający się w poprawie, zdrowotności, wzroście odporności na choroby i zdolności do rozmnażania. Warto dodać, że efekt hormetyczny wywołują na ogół bardzo niskie dawki substancji toksycznych, dzięki czemu nie dochodzi do zatrucia roślin i zwierząt. Zagadnienia wpływu trujących substancji na organizmy żywe są przedmiotem badań toksykologii, zaś wyniki tych ba-

<sup>17</sup> Stewart, J. and Smith, E.S. (1922), *Some relations of arsenic to plant growth: Part 2*. Soil Science, 14: 119-126.

<sup>18</sup> Neger, F.W. (1923), *Neue Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie der Pflanzen*. Flora, 116(n.f. 16): 323-330.

<sup>19</sup> Sommer, A.L. (1926), *Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for plant growth*. Univ. Calif. Pubs. Agric. Sci., 5: 57-81.

<sup>20</sup> Calabrese E.J. Baldwin L.A. (1997), *The Dose determines the Stimulation (and Poison): Development of a Chemical Hormesis Database*. Int. J. of Toxic. 16: 545-559.

<sup>21</sup> Jaworowski Z. (1995), Stimulating effects of ionizing radiation: New issue for regulatory policy. Regulatory Toxicology and Pharmacology 22: 172-179.

<sup>22</sup> Jaworowski Z. (1997), *Dobroczynne promieniowanie*. Wiedza i życie, nr 3.

<sup>23</sup> UNSCEAR (1994b), *Adaptive response of radiation in cells and organisms. Source of Effects of ionizing radiation*. UNSCEAR report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Annex B.

<sup>24</sup> Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T. Pietruch C. (2000), *Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

dań są powszechnie stosowane przez przemysł farmaceutyczny, spożywczy i chemiczny (szczególnie w produkcji środków ochrony roślin).

Jak raportuje Calabrese i Blain, w naukowych bazach danych można znaleźć ponad 3000 prac, które pokazują pozytywne przejawy działania efektu hormetycznego tylko w świecie roślin<sup>25</sup>. Analiza wyników tych doświadczeń skłania do przypuszczenia, że efekt hormetyczny jest nadrzędny w stosunku do innych czynników plonotwórczych. Działa on, gdy gleby posiadają wystarczającą ilość substancji odżywczych, ale również wtedy, gdy ich poziom jest niski. Działa, gdy w glebie jest dostateczna ilość wody, ale też gdy występują okresowe jej braki. Działa również w warunkach niskich i wysokich temperatur okresu wegetacji. W sytuacji występowania w glebie wyższej ilości jonów metali dzięki zjawisku hydratacji (gromadzenie się cząsteczek wody wokół jonów metali), rośliny mogą lepiej znosić okresowe niedobory wody. Wyniki badań dowodzą, że metale ciężkie aktywują przede wszystkim mechanizmy odpornościowe roślin. Dzięki temu stają się one bardziej odporne na choroby i szkodniki, mają więc możliwość osiągnięcia większej masy komórkowej i wydania większych ilości materiału rozmnożeniowego w formie nasion, co bezpośrednio przekłada się na wzrost plonowania.

W przełożeniu na język ekonomiki, efekt hormetyczny można porównać z zasadą optymalizacji nakładów, które wyznacza ekstremum funkcji produkcji przy danym poziomie nakładów, przedstawioną przez Lange<sup>26</sup>. Powiązania między tą zasadą a efektem hormetycznym zostały szczegółowo przedstawione przez Szarka<sup>27</sup>.

### **Materiał badawczy i metody badawcze**

Realizacja celu badań przebiegała w II etapach. W etapie I dokonano analizy plonowania roślin uprawnych w okresie międzywojennym XX wieku. Dane te mają dla efektu hormetycznego duże znaczenie. W tym okresie nie stosowano na powszechną skalę nawożenia mineralnego roślin uprawnych, jako istotnego czynnika plonotwórczego. Część gospodarstw mogła sobie na to pozwolić, jednak według danych Jagielskiego nie miało to wpływu na plonowanie roślin uprawnych w Polsce w skali globalnej<sup>28</sup>. Czynniki wpływające na plony roślin w tamtym okresie można więc ograniczyć do jakości gleby i przebiegu warunków pogodowych. Z kolei dzięki danym statystycznym zbieranym w Polsce od lat 30. XX wieku możliwe było precyzyjne oszacowanie plonowania roślin uprawnych w poszczególnych województwach naszego kraju.

Do badań wytypowano 7 województw Polski międzywojennej, których obecne granice administracyjne pokrywają się z granicami administracyjnymi od-

<sup>25</sup> E.J. Calabrese, R.B. Blain (2009), *Hormesis and plantbiology*. Environmental Pollution 157(2009)42–48.

<sup>26</sup> Lange O. (1964), *Optymalne decyzje: Zasady programowania*. Warszawa. PWN.

<sup>27</sup> Szarek S. (2006), *Możliwości wynikające z zastosowania efektu hormetycznego do wyjaśnienia prawa malejącej wydajności*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej, nr 3, s. 29-46.

<sup>28</sup> Jagielski A. (1958), *Produkcja, podaż i ceny produktów rolnych na Śląsku w okresie międzywojennym*, (w:) *Studia i materiały z dziejów Śląska*. Tom II. Pod red. K. Popiołka. Zakład Narodowy imienia Ossolińskich, Wrocław, s. 260.

powiednich województw z 1939 roku. Wybrane województwa wraz z ich nazwami z okresu międzywojennego przedstawiono w tabeli 1. Lokalizacja wybranych województw i ich granic administracyjnych została przedstawiona na rys. 1.

Tabela 1. Charakterystyka województw wytypowanych do badań według nazw z 1939 roku i 2005 roku

Nazwa województwa		% pokrycia*	Wskaźnik waloryzacji** (pkt)
W okresie międzywojennym	Obecna		
warszawskie	mazowieckie	65	53,3
łódzkie	łódzkie	70	59,4
kieleckie	świętokrzyskie	55	63,3
lubelskie	lubelskie	85	71,3
białostockie	podlaskie	90	54,5
pomorskie	pomorskie	45	67,8
śląskie	śląskie	50	68,6

\* szacunkowa relacja powierzchni województwa z obecnych granic administracyjnych do powierzchni województwa z granic administracyjnych okresu międzywojennego,

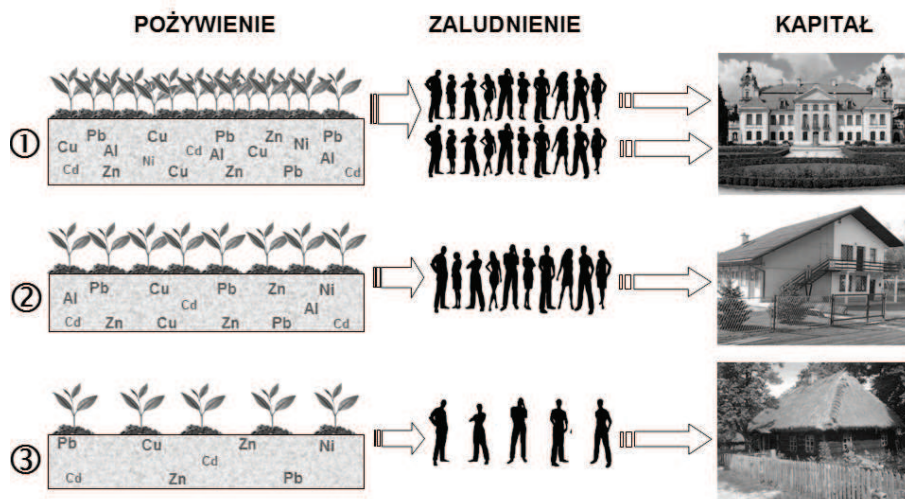
\*\* obliczony dla województw w granicach administracyjnych z 1938 roku, dane przybliżone.  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: *Mały Rocznik Statystyczny 1939*. Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, s. 11.



Rysunek 1. Polska w granicach administracyjnych z roku 1918-1939 oraz w granicach administracyjnych z 2008 roku  
Źródło: Opracowanie własne.

Szacunkowy procent pokrycia powierzchni województw z obecnych granic administracyjnych z granicami województw Polski okresu międzywojennego wynosi prawie 70%. Obecne województwa: podlaskie, lubelskie, świętokrzyskie w całości są położone na terenie odpowiednich województw z okresu międzywojennego (rys. 1). Natomiast województwo śląskie z okresu mi-

dzywojennego w całości mieściło się w obecnych granicach administracyjnych województwa śląskiego.



Rysunek 2. Zależności pomiędzy zawartością metali ciężkich w glebach, ilością dostępnego pożywienia, zaludnieniem i wartością wytworzonego kapitału z jednostki powierzchni

W II etapie badań dokonano analizy powiązań pomiędzy zawartością w glebach metali ciężkich a zaludnieniem i wyposażeniem w kapitał poszczególnych województw Polski. Dane o gęstości zaludnienia i kapitale pochodziły z roczników statystycznych GUS<sup>29</sup>. Przyjęto założenie, że historycznie ukształtowane prawidłowości – gęstość zaludnienia i wartość kapitału brutto w dalszym ciągu można zaobserwować na ziemiach naszego kraju (rys. 2).

Dla realizacji celu badań konieczne było określenie w wybranych województwach zawartości metali ciężkich w glebach użytków rolnych. W tym przypadku podstawą były wyniki badań przeprowadzonych przez Okręgowe Stacje chemiczno-rolnicze w latach 1992-1997 na zlecenie Ministerstwa Rolnictwa. Badania objęły 48 500 punktów zlokalizowanych na użytkach rolnych Polski w obecnych granicach administracyjnych. W przybliżeniu zbadało się 1 próbkę gleby z powierzchni 4 km<sup>2</sup>.

Według danych Kucharskiego oraz Benneta i innych, zawartość metali ciężkich w glebie jest wielkością praktycznie niezmienną w czasie<sup>30,31</sup>. Takie założenie pozwala przyjąć, że obecna zawartość tych metali w glebach może być punktem odniesienia do zbadania siły oddziaływania ich zawartości na plonowanie roślin uprawnych w okresie międzywojennym.

<sup>29</sup> Polska w liczbach. GUS, Warszawa 2008.

<sup>30</sup> Kucharski J., Hłasko A., Wyszkowska J., Jastrzębska E. (2000), *Rekcja drobnoustrojów i bobiku na zanieczyszczenie gleby miedzią*. Zeszyty Problemowe PNR, z. 472: 449-455.

<sup>31</sup> Bennet R.J., Breen C.M., and Fey M.V. (1987), *The effects of aluminum on root cap function and root development in Zea mays L.* Environ. Exper. Botany, 27: 91-104.



Tabela 2. Zawartość metali ciężkich w glebach wybranych województw Polski ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  gleby)

Województwo	Zawartość w glebie ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )				
	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Lubelskie	0,17	4,8	6,3	10,8	23,6
Łódzkie	0,2	4,8	4,6	13,9	25,1
Mazowieckie	0,15	3,7	3,1	9,3	22,4
Podlaskie	0,21	5,6	5,3	10,2	19,5
Pomorskie	0,22	6,7	7,2	12,2	36,7
Śląskie	0,87	11,1	12,9	39,8	90,6
Świętokrzyskie	0,28	5,9	7,2	13,8	39,1
Polska	0,3	7,6	7,5	15,9	38,8

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T. Pietruch C.: 2000, *Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.

W tabeli 2 przedstawiono zawartość metali ciężkich w glebach użytkowanych rolniczo w Polsce. Przedział zmienności dla poszczególnych pierwiastków był w rzeczywistości znacznie wyższy i wyniósł odpowiednio:

Cd	0,01	–	49,73 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Cu	0,2	–	725 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Ni	0,1	–	328,3 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Pb	0,1	–	5000 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )
Zn	0,5	–	5754 ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )

W związku z tym można się spodziewać wystąpienia efektu hormetycznego w plonowaniu roślin, które wywołuje zróżnicowana zawartość metali ciężkich w glebach poszczególnych województw.

## Wyniki

Plony głównych zbóż w Polsce w latach 1934-1938 kształtowały się na poziomie  $11,2\text{-}11,9 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$  (tabela 3). Występowało duże zróżnicowanie plonowania zbóż w poszczególnych województwach. W województwie śląskim plony były wyższe od średniej krajowej o ponad 30%. Natomiast w województwie białostockim osiągnęto plony niższe niż w Polsce przeciętnie o 25% (tabela 5). Porównanie województwa białostockiego i śląskiego pokazuje, że w województwie śląskim osiągnęto plony były ponad 70% wyższe niż w województwie białostockim (z wyjątkiem żyta).

Plony ziemniaków nie były tak mocno zróżnicowane, jak miało to miejsce w przypadku zbóż. Przeciętny plon tej rośliny wyniósł w Polsce  $121 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Najniższe plony osiągnięto w województwie białostockim i pomorskim, a najwyższe w lubelskim i śląskim. Plony buraków były zdecydowanie najwyższe w województwie śląskim. Warto zaznaczyć, że w przypadku plonowania buraków wyższe plony osiągnięto tylko w województwie pomorskim. Plony buraków były najniższe spośród województw przedwojennej Polski w województwie białostockim, wileńskim, poleskim i wołyńskim.

Tendencje w przypadku plonowania roślin uprawnych w latach 1934-1938 były zbieżne w przypadku plonowania roślin w roku 1938, chociaż w roku tym ogólny poziom plonowania był nieznacznie wyższy. (tabela 4).

Tabela 3. Plony ziemiopłodów w latach 1934-1938 na terenie wybranych województw Polski (w nawiasach podano nazwy województw z 2005 roku)

Województwo	Plony dt·ha <sup>-1</sup>					
	Pszenica	Żyto	Jęczmień	Owies	Ziemniaki	Buraki
Warszawskie (mazowieckie)	11,9	10,7	12,6	12,8	126	206
Łódzkie (łódzkie)	11,0	11,8	12,4	13,6	129	227
Kieleckie (świętokrzyskie)	13,0	11,4	11,8	13,5	130	203
Lubelskie (lubelskie)	12,5	11,4	12,2	12,4	136	187
Białostockie (podlaskie)	9,5	9,5	9,1	8,7	114	158
Pomorskie (pomorskie)	15,7	12,6	16,7	14,5	121	232
Śląskie (śląskie)	15,8	14,8	16,3	15,3	134	228
Polska	11,9	11,2	11,8	11,4	121	216

Źródło: *Mały Rocznik Statystyczny 1939*. Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, s. 78-79.

Tabela 4. Plony ziemiopłodów w 1938 roku na terenie wybranych województw Polski

Województwo	Plony dt·ha <sup>-1</sup>					
	Pszenica	Żyto	Jęczmień	Owies	Ziemniaki	Buraki
Warszawskie (mazowieckie)	12,4	12,3	12,9	13,2	123	209
Łódzkie (łódzkie)	13,8	12,6	12,9	13,8	129	220
Kieleckie (świętokrzyskie)	12,5	11,5	11,2	13,5	114	220
Lubelskie (lubelskie)	13,0	12,3	11,6	12,5	139	194
Białostockie (podlaskie)	9,0	10,8	9,1	9,7	105	193
Pomorskie (pomorskie)	18,6	15,2	17,7	15,7	105	225
Śląskie (śląskie)	15,8	16,5	16,8	16,5	129	229
Polska	12,4	12,3	11,6	11,7	114	210

Źródło: jak w tabeli 3.

Tabela 5. Porównanie plonów ziemiopłodów w województwie śląskim i białostockim w latach 1934-1938

Roślina uprawna	Średnie dla Polski	Województwo		Relacja (%)		
		śląskie	białostockie	3/2	4/2	3/4
1	2	3	4	5	6	7
Pszenica	11,9	15,8	9,0	132,8	75,6	175,6
Żyto	11,2	14,8	9,5	132,1	84,8	155,8
Jęczmień	11,8	16,3	9,1	138,1	77,1	179,1
Owies	11,4	15,3	8,7	134,2	76,3	175,9
Ziemniaki	121	134	114	110,7	94,2	117,5
Buraki cukrowe	198	228	158	115,2	79,8	144,3

Źródło: jak w tabeli 3. Opracowanie własne.

W tym okresie w rolnictwie nie stosowano nawozów sztucznych. W świetle dotychczasowej wiedzy można wnioskować, że najważniejszym czynnikiem różnicującym plonowanie powinna być jakość gleb. Jednak takie twierdzenie nie jest prawdziwe. Najwyższe plony w okresie międzywojennym osiągnięto w województwie śląskim i pomorskim. Jak można racjonalnie wytłumaczyć taką sytuację? W województwie pomorskim na wysokość plonów miały wpływ wyniki osiągane na Kujawach, mających według Witka, Krasowicza i Igrasa jeden z najlepszych wskaźników waloryzacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej (WRPP) w Polsce, oraz najlepsze wskaźniki wykorzystania potencjału produkcyjnego<sup>32,33</sup>.

Na ziemiach Śląska wartość tych wskaźników nie odbiegała od średniej ich wartości w Polsce. W tej sytuacji wyjaśnienie tak wysokich plonów, wyższych niż na ziemiach o wysokiej wartości wskaźników waloryzacji (ziemie lubelskie, zamojskie, przemyskie) nie jest możliwe. Można więc przypuszczać, że nie tylko jakość gleby warunkowała poziom plonowania roślin. Wyjaśnienie tego stanu rzeczy jest możliwe tylko po zaakceptowaniu założenia, że na plonowanie miał wpływ efekt hormetyczny. Gleby użytkowane rolniczo na Śląsku charakteryzowały się najwyższą zawartością metali ciężkich spośród wszystkich województw w Polsce. Jest to jedyna cecha wyróżniająca te województwo spośród innych, ponieważ nie stwierdzono istotnych różnic w jakości gleb, ilości opadów i zawartości składników odżywczych. Dzięki temu korzystało ono i korzysta nadal z dobroczynnych skutków efektu hormetycznego. Plony roślin uprawnych były tam i są nadal wyższe, niż w województwach o niskiej zawartości metali w glebach.

Analiza korelacji pomiędzy plonami osiąganymi w okresie międzywojennym a zawartością w glebie metali ciężkich pokazuje na istnienie wyraźnego związku pomiędzy tymi dwiema zmiennymi (tabela 6, 7). Szczególnie widoczne jest to w przypadku plonowania żyta. Zaobserwowane związki zobrażowano na rysunku 3.

Tabela 6. Wartości współczynników korelacji pomiędzy wielkością plonów wybranych roślin (średnia za lata 1934-1938) a zawartością w glebie metali ciężkich

	Pszenvica	Żyto	Jęczmień	Owies	Ziemniaki	Buraki
Cd	0,598*	0,822***	0,538	0,498	0,374	0,373
Cu	0,691**	0,831***	0,617*	0,487	0,231	0,383
Ni	0,732**	0,843***	0,607*	0,528	0,392	0,357
Pb	0,602*	0,860***	0,570	0,555	0,435	0,443
Zn	0,739**	0,895***	0,668**	0,640**	0,423	0,504
WRPP	0,723**	0,671**	0,607*	0,507	0,614	0,372

\* istotne dla  $p = 0,1$ ; \*\* istotne dla  $p = 0,05$ ; \*\*\* istotne dla  $p = 0,01$

Źródło: Opracowanie własne.

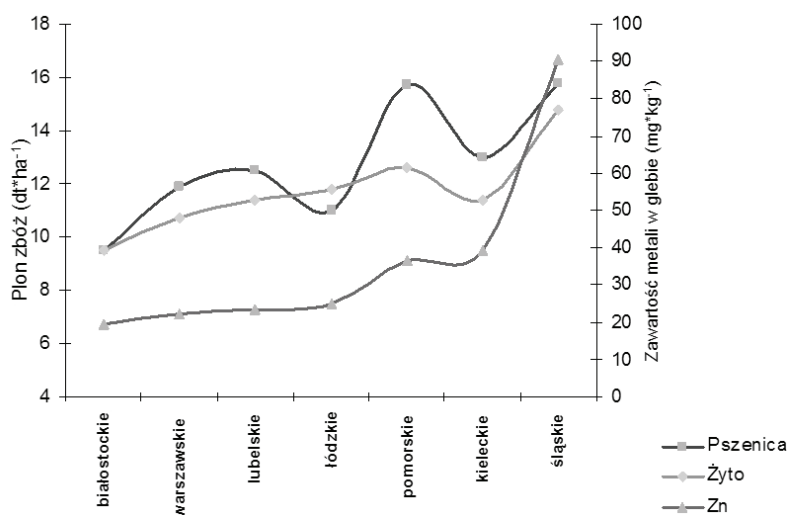
<sup>32</sup> Wittek T. (1979) *Wpływ jakości gleby na plonowanie roślin uprawnych*. Zeszyty Problemowe PNR z. 224; s. 35-43.

<sup>33</sup> Krasowicz S., Igras J. (2003). *Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce*. IUNG, Puławy, Pam. Puł., z. 132, s. 233-251.

Tabela 7. Wartości współczynników korelacji pomiędzy wielkością plonów wybranych roślin w 1938 roku a zawartością w glebie metali ciężkich i jakością gleb

	Pszenvica	Żyto	Jęczmień	Owies	Ziemniaki	Buraki
Cd	0,333	0,727**	0,507	0,597*	0,200	0,547
Cu	0,459	0,786***	0,593*	0,620*	0,006	0,574
Ni	0,466	0,748**	0,550	0,624*	0,120	0,528
Pb	0,377	0,756**	0,542	0,642*	0,279	0,580
Zn	0,486	0,804***	0,628*	0,728**	0,171	0,665*
WRPP	0,252	0,231	0,109	0,358	0,585	0,202

\* istotne dla  $p = 0,1$ ; \*\* istotne dla  $p = 0,05$ ; \*\*\* istotne dla  $p = 0,01$   
 Źródło: Opracowanie własne.



Rysunek 3. Plonowanie pszenicy i żyta w badanych województwach Polski przedwojennej na tle zawartości cynku (Zn) w glebach tych województw  
 Źródło: Opracowanie własne.

Jedynie w przypadku ziemniaków takiej zależności nie stwierdzono, z czego można wnioskować, że na plonowanie tej rośliny nie wpływa stymulująco zwiększona zawartość metali ciężkich w glebie. Zależność pomiędzy zawartością Zn w glebach a plonami zbóż ma następującą postać:

Dla lat 1934-1938:

$$Y(\text{Zn}) = 9,56 + 0,0595 \cdot \text{Zn}$$

Dla roku 1938:

$$Y(\text{Zn}) = 10,59 + 0,0664 \cdot \text{Zn}$$

gdzie:  $Y$  – plon żyta ( $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ )  
 $\text{Zn}$  – zawartość cynku w glebie ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

Oszacowana wartość współczynnika regresji na plonowanie żyta w zależności od ilości zawartego w glebie cynku kształtowała się na poziomie 0,06. Pokazuje to, że wzrost zawartości cynku w glebie o  $1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  wiązał się ze wzrostem plonu żyta o  $6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Jeśli przyjąć, że przedział zmienności w przypadku średniej zawartości cynku na glebach Polski wynosi  $68,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , to na glebach w tym okresie różnica w plonowaniu pomiędzy glebami zasobnymi a ubogimi w ten pierwiastek wyniosła 409,2 kg ziarna żyta ( $68,2 \cdot 6 \text{ kg}$ ). W przypadku plonów z tego okresu, kształtujących się na poziomie  $1100 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , różnica pomiędzy glebami „zasobnymi” w metale ciężkie a glebami „ubogimi” wyniosła około 40%.

Analiza powiązań pomiędzy gęstością zaludnienia poszczególnych województw a zawartością w glebach tych województw metali ciężkich pokazała na istnienie istotnej zależności pomiędzy tymi zmiennymi (tabela 8, rys. 4). Jednocześnie zaobserwowano istotny związek pomiędzy wyposażeniem poszczególnych województw w kapitał produkcyjny a gęstością tego zaludnienia (rys. 5). Warto zaznaczyć, że prawie wszystkie obserwowane wartości mieszczą się w 95% obszarze przedziału ufności. Jedynym odstającym punktem jest województwo mazowieckie. Wysoka wartość kapitału w tym województwie wynika z dużej jego ilości skupionej na terenie miasta stołecznego Warszawy.

Tabela 8. Macierz korelacji pomiędzy zawartością metali ciężkich w glebach a gęstością zaludnienia i wartością kapitału brutto w Polsce

	Cd	Pb	Zn	Gęstość zaludnienia
Gęstość zaludnienia (osoby* $\text{km}^{-2}$ )	0,92**	0,89**	0,83**	-
Wartość środków trwałych (zł* $\text{km}^{-2}$ )	0,67**	0,64**	0,61**	0,84**

\*\* istotne dla  $p=0,05$

Źródło: opracowanie własne.

Analiza korelacji potwierdziła istotność tej relacji (tabela 8, rysunek 4). Wydaje się to oczywiste, ponieważ w takiej sytuacji społeczna wydajność pracy jest wyższa w regionach o większej liczbie ludności, mogących wytworzyć więcej dóbr i usług niż w regionach o mniejszej liczbie ludności.

Wzór opisujący tę zależność ma postać:

$$Y(z) = 5400,42 + 212,12 \cdot z$$

gdzie Y – wartość produkcyjnego kapitału brutto

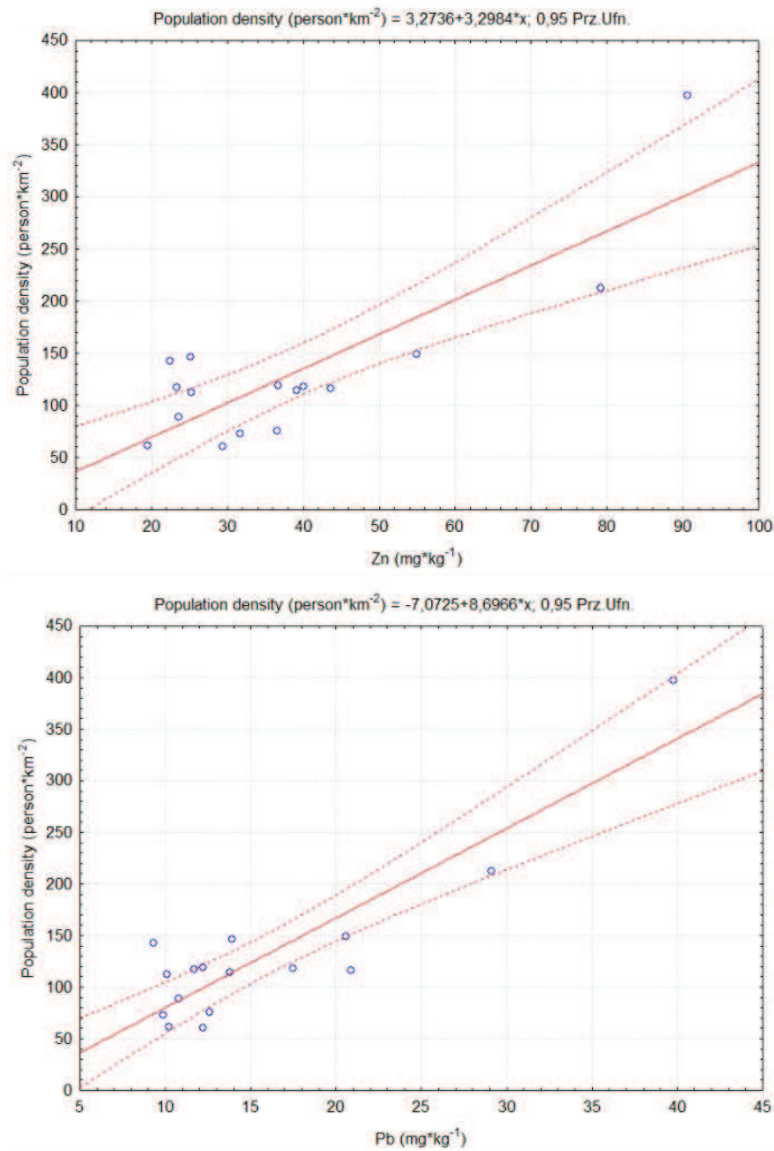
z – gęstość zaludnienia

Z danych zaprezentowanych w tabeli 8 oraz na rys. 4 wynika, że istnieje również związek pomiędzy gęstością zaludnienia a zawartością metali ciężkich w glebach użytków rolnych poszczególnych województw naszego kraju. Zależności te można zapisać przy pomocy następujących wzorów:

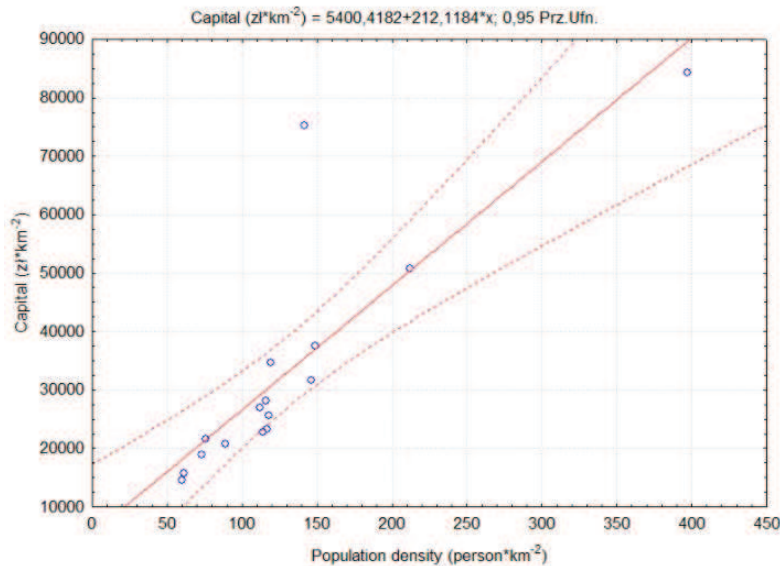
$$Y(\text{Zn}) = 3,27 + 3,30 \text{ Zn}$$

$$Y(\text{Pb}) = -7,07 + 8,70 \text{ Pb}$$

gdzie: Y – gęstość zaludnienia  
Zn – zawartość cynku w glebie  
Pb – zawartość ołowiu w glebie



Rysunek 4. Zależność pomiędzy zawartością Pb i Zn w glebach użytków rolnych a gęstością zaludnienia w Polsce  
Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 5. Zależność pomiędzy gęstością zaludnienia a wyposażeniem w kapitał produkcyjny w Polsce

Źródło: opracowanie własne.

## Podsumowanie

Analiza materiału badawczego z okresu międzywojennego w Polsce pokazała, że istniał wyraźny związek pomiędzy plonowaniem większości roślin uprawnych a zawartością w glebach metali ciężkich. Dowodem na występowanie w tym przypadku efektu hormetycznego jest przykład Śląska. Użytki rolne zlokalizowane na tych ziemiach pod względem jakości i przydatności do rolniczego użytkowania były średniej jakości. Plony na nich osiągane przekraczały jednak o 40% plony uzyskiwane średnio w kraju i o 70% plony uzyskiwane w najślabszych województwach. W tej sytuacji należy przyjąć, że wysokie plonowanie na ziemiach Śląska uwarunkowane było ponaddwukrotnie wyższą niż przeciętnie w kraju zawartością metali ciężkich w glebach użytków rolnych.

Przedstawiony w opracowaniu materiał jest dowodem na to, że zróżnicowanie plonowania obserwowane w przeszłości i występujące obecnie jest związane z wystąpieniem efektu hormetycznego. Plonowanie na glebach „zabobnych” w metale ciężkie jest wyraźnie wyższe, niż na glebach „ubogich” w te pierwiastki. Potwierdzeniem zachodzących prawidłowości jest analiza współczesnego, nie opublikowanego jeszcze materiału empirycznego.

Zaakceptowanie faktu, że efekt hormetyczny jest czynnikiem nadrzędnym w stosunku do innych czynników plonotwórczych daje możliwość wyjaśnienia zróżnicowania poziomu rozwoju gospodarczego regionów. Wyższe plonowanie roślin, w połączeniu z niższymi nakładami na ich osią-

gnięcie sprawiało, że osiągnięta produktywność i efektywność produkcji była mogła być wyższa o około 20% w tych regionach, w których glebach zawierały wyższe ilości metali ciężkich (rys. 2). Skutkowało to wzrostem gęstości zaludnienia w tych regionach. Jak podaje GUS, gęstość zaludnienia w województwie śląskim wynosi obecnie 397 osób, a w województwie podlaskim zaledwie 61 osób, co jest wartością ponad sześciokrotnie wyższą. Według historycznych danych GUS<sup>34</sup> w roku 1931 wartość tego wskaźnika wyniosła odpowiednio 307 i 51. W latach wcześniejszych Śląsk był również bardziej zaludniony niż inne regiony państwa polskiego. Według Popiołka<sup>35</sup>, gęstość zaludnienia w X wieku wynosiła tam 7,5 osoby\*km<sup>-2</sup>, a na początku XIX wieku – 55 osób<sup>36</sup>.

Praca większej ilości ludzi prowadzi do lepszego wyposażenia w kapitał oraz ma wpływ na rozwój infrastruktury danego regionu. Nie należy również zapominać o tym, że gleby regionów zawierających wyższe ilości metali ciężkich są zasobniejsze w bogactwa naturalne, a przede wszystkim w rudy metali. Jest to dodatkowym bodźcem mającym wpływ na rozwój regionalny.

Do czasów rewolucji przemysłowej, co w warunkach naszego kraju rozpoczęło się w XIX wieku, ziemia była podstawowym źródłem bogactwa. W długim okresie czasu oznacza to, że na każde 100 lat rozwoju gospodarczego, region, który był z natury „mniej zasobny” w metale ciężkie opóźniał się w rozwoju w stosunku do regionu, który był z natury „zasobniejszy” w te metale, o około 20 lat. Stąd można obliczyć, że przez ostatnie 200 lat rozwoju, region Podlasia mógł opóźnić się gospodarczo w stosunku do Śląska o około 40 lat<sup>37</sup>. Znajduje to potwierdzenie w danych historycznych, a obserwowane nierówności są nadal widoczne, choćby w potocznym podziale naszego kraju na Polskę „A” i Polskę „B”, przedstawione przez Kozaka i Pyszkowskiego<sup>38</sup>. Obecna polityka regionalna UE ma na celu zlikwidowanie historycznie ukształtowanych różnic.

Czy można więc postawić wniosek, by przyczyn zróżnicowania rozwoju regionalnego upatrywać w naturalnym zróżnicowaniu metali ciężkich w glebach poszczególnych regionów dzięki wystąpieniu efektu hormetycznego? W świetle przedstawionego materiału badawczego należy uznać, że jest to możliwe. Efekt hormetyczny, jako nadrzędny w stosunku do innych czynników wpływających na poziom plonowania roślin, ma wpływ na ilość dostępnej żywności z jednostki powierzchni. Efektów jego działania można nie zauważyć w krótkich przedziałach czasowych, jednak dzięki kumulacji, efekty te wyraźnie uwidaczniają się w długim okresie czasu, co wykazano w niniejszym opracowaniu.

<sup>34</sup> *Mały Rocznik Statystyczny 1939*. Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, s. 11.

<sup>35</sup> Popiołek K. (1972) *Historia Śląska od pradziejów do 1945 roku*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.

<sup>36</sup> Gęstość zaludnienia na świecie wynosiła w X wieku 2,4 osoby\*km<sup>-2</sup> a na początku XIX wieku – 6,1 osoby\*km<sup>-2</sup>.

<sup>37</sup> Według Łepkowskiego (1967) za początek rewolucji przemysłowej w Polsce można przyjąć rok 1830.

<sup>38</sup> Kozak M., Pyszkowski A., Szewczyk R. (red.) 2001, *Słownik rozwoju regionalnego*, PARR, Warszawa.



## Bibliografia

- Balentine W. (1893), *Investigations of the foraging power of some agricultural plants for phosphoric acid*. Soil Sci. V. 6, p. 351-364.
- Bennet, R.J., Breen, C.M., and Fey, M.V. (1987), *The effects of aluminum on root cap function and root development in Zea mays L.* Environ. Exper. Botany, 27: 91-104.
- Calabrese E.J., Baldwin L.A. (1997), *The Dose determines the Stimulation (and Poison):Development of a Chemical Hormesis Database*. Int. J. of Toxic. 16: 545-559
- Calabrese E.J. and Baldwin L.A. 2001. *Special Issue: Scientific Foundations of Hormesis*. Critical Reviews in Toxicology 31: 347-695.
- Calabrese E.J., Blain R.B. (2009), *Hormesis and plantbiology*. Environmental Pollution 157(2009)42-48.
- Crafts, A.S., Rosenfels, R.S. (1939), *Toxicity studies with arsenic in 80 California soils*. Hilgardia, 12: 177-200.
- Górski M., Klarner S. (1930), *Porównanie nawozów azotowych pod machorkę*. Roczn. Nauk Rol. i Leśnych. XXIV, t. 2, s. 200-205.
- Henner G. (1930), *Die feldbaumtechnischen Anschauungen des Altertum im Lichte der neuzeitlichen Ackerbaumwissenschaft*. Dtsch. Rundschau t. III, z. 1
- Jagielski A. (1958), *Produkcja, podaż i ceny produktów rolnych na Śląsku w okresie międzywojennym*. [w:] *Studia i materiały z dziejów Śląska*. Tom II. Pod red. K. Popiołka. Zakład Narodowy imienia Ossolińskich, Wrocław s. 260.
- Jaworowski Z. (1995), *Stimulating effects of ionizing radiation: New issue for regulatory policy*. Regulatory Toxicology and Pharmacology 22: 172-179.
- Jaworowski Z. (1997), *Dobroczynne promieniowanie*. Wiedza i życie, nr 3.
- Keigwin, Lloyd D. (1996), *The Little Ice Age and Medieval Warm Period in the Sargasso Sea*, Science 274, (5292): 1503-1508.
- Kozak M., Pyszkowski A., Szewczyk R. (red.) (2001), *Słownik Rozwoju Regionalnego*, PARR, Warszawa.
- Krasowicz S., Igras J. (2003), *Regionalne zróżnicowanie wykorzystania potencjału rolnictwa w Polsce*. IUNG, Puławy, Pam. Puł., z. 132, s. 233-251.
- Kucharski J., Hłasko A., Wyszowska J., Jastrzębska E. (2000), *Rekcja drobnoustrojów i bobiku na zanieczyszczenie gleby miedzią*. Zeszyty Problemowe PNR, z. 472: 449-455.
- Landes D.S. (2000), *Bogactwo i nędza narodów*. MUZA SA, Warszawa, s. 42-48.
- Lange O. (1964), *Optymalne decyzje: Zasady programowania*. Warszawa. PWN.
- Łepkowski T. (1967), *Polska – narodziny nowoczesnego narodu 1764-1870*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.

- Mały Rocznik Statystyczny 1939*. Główny Urząd Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej, Warszawa, s. 11.
- Neger F.W. (1923), *Neue Methoden und Ergebnisse der Mikrochemie der Pflanzen*. Flora, 116(n.f. 16): 323-330.
- Polska w liczbach*. GUS, Warszawa 2008.
- Popiołek K. (1972), *Historia Śląska od pradziejów do 1945 roku*. Wydawnictwo Śląsk, Katowice.
- Radiologiczny atlas Polski* (1998), J. Jagielak (Editor) Agencja Wydawnicza ARIES, Warszawa.
- Sommer, A.L. (1926), *Studies concerning the essential nature of aluminum and silicon for plant growth*. Univ. Calif. Pubs. Agric. Sci., 5: 57-81.
- Southam C.M., Ehrlich J. (1943), *Effects of extract of western red cedar heartwood on certain wood-decaying fungi in culture*. Phytopathology 33: 517-524.
- Stewart, J. and Smith, E.S. (1922), *Some relations of arsenic to plant growth: Part 2*. Soil Science, 14: 119-126.
- Szarek S., (2005), *Deficiencies in the law of diminishing returns Part I*, EJPAU, 8(3), #3.
- Szarek S., (2005), *Use of concept of hormesis phenomenon to explain the law of diminishing returns. Part II*, EJPAU, 8(4), #61.
- Szarek S. (2006), *Możliwości wynikające z zastosowania efektu hormetycznego do wyjaśnienia prawa malejącej wydajności*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej, nr 3, s. 29-46.
- Szarek S. (2007), *Znaczenie efektu hormetycznego w zrównoważonym rozwoju rolnictwa*. Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis, Oeconomia 254 (47), Wyd. Naukowe Akademii Rolniczej Szczecin, s. 315.
- Szarek S. (2009), *Efekt hormetyczny a efektywność produkcji roślinnej*. Journal of Agribusiness and Rural Development. Zeszyt 2 (12) 2009, s. 209-219.
- Szarek S. (2006), *Możliwości wynikające z zastosowania efektu hormetycznego do wyjaśnienia prawa malejącej wydajności*. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej, nr 3, s. 29-46.
- Terelak H., Motowicka-Terelak T., Stuczyński T. Pietruch C. (2000), *Pierwiastki śladowe (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) w glebach użytków rolnych Polski*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa.
- Terlikowski F. (1923), *Materiały do kwestji wpływu roztworów glebowych na rozwój systemu korzeniowego roślin*. Roczniki Nauk Rolniczych, Tom IX s. 544 i nast.
- UNSCEAR (1994b), *Adaptive response of radiation in cells and organisms. Source of Effects of ionizing radiation*. UNSCEAR report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Annex B.
- Virchow R. (1854), *Über die Errgbekeit der Flimmerzellen*. Virch Arch 6: 133-34.
- Vovk B. (1929), *Działanie fosforytu w zależności od wysokości dawki i nawożenia azotowego*. Roczn. Nauk. Rol. i Leśnych, T. XXII, s. 89-135.

- Witek T. (1979), *Wpływ jakości gleby na plonowanie roślin uprawnych*. Zeszyty Problemowe PNR z. 224, s. 35-43.
- Wyczański A. (2002), *Gospodarska wiejska w Polsce XIV wieku w ujęciu liczbowym (próba oceny)*. Roczniki Dziejów Społecznych i Gospodarczych. Tom LXII, s. 167-188.
- Stommel H&E: *Volcano Weather: The Story of 1816, the Year without a Summer*, Seven Seas Press, Newport RI 1983.