

WODA W PRODUKCJI ZIEMNIAKA, PROBLEMY I WYZWANIA

Wojciech Nowacki¹

¹ Zakład Agronomii Ziemniaka, IHAR – PIB Oddział w Jadwisinie, e-mail: w.nowacki@ihar.edu.pl

STRESZCZENIE

W artykule scharakteryzowano znaczenie wody w produkcji i zagospodarowaniu zbiorów ziemniaka. Ziemniak jest gatunkiem o względnie niskim współczynniku transpiracji, ale wysoki plon biomasy uzyskiwany z jednostki powierzchni w krótkim przedziale czasowym określa wysokie potrzeby wodne określone na 350 do 450 mm opadów w okresie wegetacji. W pracy określono wymagania wodne ziemniaka w poszczególnych fazach rozwoju roślin, a także przeanalizowano wielkość opadów atmosferycznych na obszarze Polski w ostatnich latach. Określono także wpływ nawadniania na plon i zmiany jakości bulw ziemniaka. W nowoczesnej agrotechnice naturalne opady uzupełniane coraz częściej nawadnianiem pozwalają uzyskać bardzo wysokie plony ziemniaka. Do metod poprawiających korzystanie z wody potrzebnej do prowadzenia nawadniania na plantacjach ziemniaka należą: retencjonowanie zasobów wody zimowej w zbiornikach, uprawa na glebach o podwyższonej retencji, przestrzeganie optymalnych terminów agrotechnicznych, uprawa odmian o podwyższonej tolerancji na stres suszy, prowadzenie nawadniania na podstawie monitoringu deficytu polowej pojemności wodnej oraz stosowanie nawadniania kropelkowego. Zapotrzebowanie na wodę nie ogranicza się tylko do uprawy ziemniaka, ale także do przygotowania bulw do współczesnego handlu (mycie) oraz w przetwórstwie spożywczym, krochmalnictwie i gorzelnictwie.

Słowa kluczowe: ziemniak, potrzeby wodne, reakcja na stres suszy, metody nawadniania, zużycie wody w konfekcjonowaniu i przetwórstwie

WATER IN POTATO PRODUCTION, PROBLEMS AND CHALLENGES

Abstract

The article characterizes the importance of water in the production and management of potato crops. Potato is a species with a relatively low transpiration coefficient, but the high biomass yield obtained from the surface unit in a short time span determines the high water needs set for 350 to 450 mm of rainfall during the growing season. The work determines the potato water requirements in individual phases of plant development, as well as analyzed the amount of atmospheric precipitation in Poland in recent years. The influence of irrigation on the yield and changes in the quality of potato tubers was also determined. In modern agrotechnics, natural rainfalls replenished more and more often with irrigation allow to obtain very high potato yields. Methods improving the use of water needed for irrigation on potato plantations include: retention of winter water resources in reservoirs, cultivation on soils with high retention, compliance with optimal agrotechnical dates, cultivation of



SIEĆ NA RZECZ
INNOWACJI W ROLNICTWIE
I NA OBSZARACH WIEJSKICH



Krajowa Sieć
Obszarów Wiejskich



Program
Rozwoju
Obszarów
Wiejskich
na lata 2014-2020

„Europejski Fundusz Rolny na rzecz Rozwoju Obszarów Wiejskich: Europa inwestująca w obszary wiejskie”.

Artykuł opracowany na zlecenie Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie.

Artykuł współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach II Schematu Pomocy Technicznej

„Krajowa Sieć Obszarów Wiejskich” Program Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020.

Instytucja Zarządzająca Programem Rozwoju Obszarów Wiejskich na lata 2014–2020

– Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

varieties with increased tolerance to drought stress, irrigation based on field deficit monitoring water capacity and the use of drip irrigation. The demand for water is not limited only to growing potatoes, but also to prepare tubers for modern trade (washing) as well as in food processing, starch production and distilling alcohol.

Keywords: potato, water needs, reaction to drought stress, irrigation methods, water consumption in packaging and processing

WPROWADZENIE

Do głównych czynników decydujących o plonowaniu wszystkich gatunków roślin uprawnych należy ich optymalne zaopatrzenie w wodę podczas okresu wegetacji [Dzieżyc 1989]. Warunki klimatyczne Polski a wśród nich wielkość i rozkład opadów atmosferycznych limitują poziom plonowania większości gatunków roślin rolniczych. Zmiany klimatyczne ostatniego okresu charakteryzujące się ocieplaniem atmosfery wzmagają niekorzystne uwarunkowania dla prawidłowego wzrostu i plonowania wielu gatunków roślin. Głównym powodem takiego stanu są coraz częściej występujące gwałtowne zmiany warunków klimatycznych, a więc częściej występujące okresy pozbawione opadów połączone z upałami, co powoduje głęboką suszę glebową lub występowanie intensywnych opadów, co również jest bardzo niekorzystne dla produkcji roślinnej [Nowacki 2016].

Charakterystyczną cechą obecnego klimatu w naszym kraju jest także duże regionalne zróżnicowanie pod względem rozkładu opadów. Niektóre rejony kraju charakteryzują się chronicznym deficytem opadów [Biuletyn IMGW 1983-2017].

Ziemniak jest tym gatunkiem wśród roślin rolniczych, którego potrzeby wodne w okresie wegetacji są dość wysokie, bo sięgające 350-450 mm opadów w okresie od kwietnia do września. Są to duże ilości wody, ale jeśli uwzględnimy wysoką produktywność tego gatunku sięgającą 80 a nawet 100t/ha świeżej masy bulw to okazuje się, że współczynnik transpiracji w porównaniu do innych gatunków roślin uprawnych jest dość niski i wynosi około 200 l wody/kg ś. m. bulw, a w przeliczeniu na jednostki energetyczne około 20 l wody/100kcal. Ten fakt stawia ziemniaka w gronie najbardziej efektywnych gatunków roślin pod względem efektywności wykorzystania wody w kumulację plonu [Haverkort, Mackerron, 2000]. Bardzo istotny jest także rozkład opadów w czasie. Wiadomo, że każdy gatunek posiada okresy największego zapotrzebowania na wodę, a przypada on wtedy, gdy następuje najwyższy przyrost biomasy. Dla ziemniaka jest to okres wiązania bulw oraz okres gwałtownego przyrostu masy

bulw, który rozciąga się w czasie kilku tygodni zależnie od odmiany i przypada najczęściej w okresie od czerwca do końca sierpnia [Głuska 2000].

Z tytułu deficytu opadów okresu wegetacji straty plonu bulw sięgają 10-50% a w skrajnych przypadkach nawet 50-70% i to zjawisko będzie w przyszłości narastać. Ziemniak jest gatunkiem, gdzie obok plonu ważna jest także, jakość plonu bulw, a bez nawadniania zabezpieczającego optymalne uwilgotnienie gleby nie będzie możliwa towarowa produkcja ziemniaka. Złe uwilgotnienie gleby w okresie wegetacji obok redukcji plonowania powoduje występowanie wad wyglądu bulw (zdrobienie, deformacje, spękania, wtórny wzrost, choroby skórki, wady wewnętrzne miąższu, itp.) lub pogorszenie wartości technologicznej (sucha masa, zawartość skrobi, cukrów, itp.) [Głuska 2002, Nowacki 2008].

Aby wyeliminować ryzyko zmniejszenia plonu bulw oraz poprawić jakość zebranego plonu coraz częściej również polscy producenci ziemniaków stosują nawadnianie swych plantacji lub planują taką inwestycję na najbliższą przyszłość. W świecie stosuje się różne systemy nawadniania plantacji ziemniaka: zalewowe, wykorzystywane w rejonach o specyficznym położeniu pól, na które rozlewa się wodę z rowów przylegających do pól przy pomocy zastawek lub grawitacyjnych węży przelewowych, nawadnianie podsiąkowe, stosowane głównie na torfach lub czarnoziemach, deszczowanie, jako najbardziej rozpowszechniona metoda o różnych technicznych rozwiązaniach, nawadnianie przy pomocy linii kroplujących, najnowocześniejsza metoda nawadniania warzyw, owoców i ziemniaków i najbardziej przyjazna dla roślin i ekosystemu [Nowacki 2016].

Każdy system nawodnieniowy składa się z następujących elementów składowych: źródło wody, którym może być naturalny ciek, jezioro lub wybudowana studnia głębinowa lub sztuczny zbiornik retencyjny zbiornik specjalnie wybudowany dla celów nawadniania, wykonane ujęcie wody, linie przesyłowe łączące źródło poboru wody z polem nawodnieniowym (systemem pól) w postaci rurociągów podziemnych lub nadziemnych i sam system nawodnieniowy deszczujący lub kroplujący.

Każda z metod nawadniania ma swe zalety i wady. Ich stosowanie jest uzależnione od lokalnych warunków klimatycznych, glebowych, organizacyjnych i ekonomicznych, jakimi dysponuje rolnik. W Polsce najpopularniejszą metodą jest deszczowanie przy pomocy deszczowni szpułowych [Nowacki 2010].

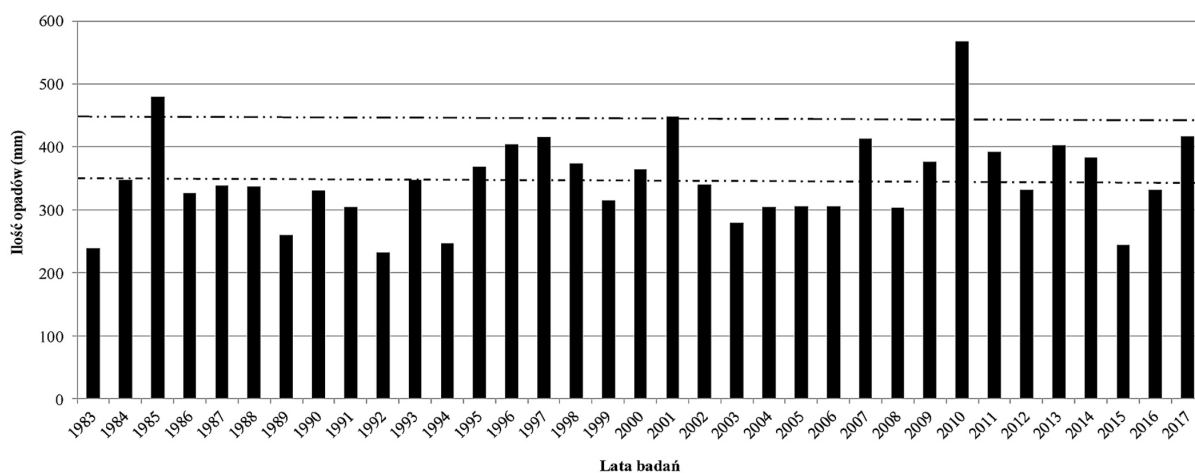
Zapotrzebowanie na wodę w produkcji ziemniaka nie kończy się na etapie wyprodukowania bulw w polu. W hurtowniach ziemniaka jadalnego gdzie myje się bulwy ziemniaka przed sprzedażą w sieciach sklepowych oraz w przemyśle spożywczym zużywa się znaczne ilości wody, w wyniku, czego powstaje duża ilość ścieków o bardzo zmiennym składzie. Zakłady branży spożywczej, krochmalnictwa i gorzelnictwa, w których surowcem są ziemniaki, są zazwyczaj źródłem ścieków o dużym ładunku zanieczyszczeń, obejmujących substancje rozpuszczone w wodzie i substancje koloidalne lub zawiesiny, reprezentowane przez związki organiczne (białko, tłuszcze) i nieorganiczne (chlorki, azotany, siarczany, fosforany i inne). Jakość i zróżnicowanie ścieków wytwarzanych w zakładach przetwórstwa ziemniaków zależy od profilu produkcji w konkretnym zakładzie oraz od stosowanych procesów przetwórczych. Najważniejszymi wskaźnikami zanieczyszczeń w ściekach z zakładów przetwórstwa ziemniaków i produkcji skrobi są: chemiczne zapotrzebowanie tlenu, zawiesiny, azot i fosfor. Ścieki te często charakteryzują się znacznym, ale zmiennym udziałem zanieczyszczeń rozpuszczalnych [Konieczny i Szymański 2007].

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W oparciu o dane literaturowe przeanalizowano rozkład krajowych opadów w okresie wegetacji tego gatunku ostatniego 35-lecia na tle potrzeb wodnych roślin ziemniaka. Analizę wysokości opadów oraz ich rozkład w kraju w okresach wegetacji przeprowadzono na podstawie danych IMGW [Biuletyn IMGW 1983-2017]. Wyniki badań własnych prowadzonych w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR -PIB Oddział w Jadwisinie przez ostatnie 10 lat nad stosowaniem nawadniania na plantacji ziemniaka w zrównoważonym systemie gospodarowania posłużyły do oceny wpływu na plon i jego jakość u różnych odmian ziemniaka [Boguszewska i inni 2017]. Oceniono także efektywność stosowania różnych metod nawadniania w uprawie ziemniaka (deszczowanie oraz z użyciem linii kropelkowych). Wieloczynnikowe eksperymenty polowe posłużyły do określenia współdziałania zabiegów agrotechnicznych z metodami nawadniania [Nowacki 2009].

WIELKOŚĆ I ROZKŁAD OPADÓW W OKRESIE WEGETACJI ZIEMNIAKA W POLSCE

Wielkość opadów w okresie wegetacji ziemniaka jest bardzo zmienna w latach. zilustrowano to na rysunku 1 za okres ostatnich 35 lat [Biuletyn IMGW 1983-2017]. Trudno w zmieniającym się klimacie doszukać się stałych tendencji w zmianach wysokości opadów w okresie wegeta-



optymalny poziom opadów dla uprawy ziemniaka odmian późniejszych

optymalny poziom opadów dla uprawy ziemniaka odmian wczesnych

Rys. 1. Poziom opadów w Polsce w okresie wegetacji (IV-IX) w latach 1983-2017

Fig. 1. The level of rainfall in Poland during the growing season (IV-IX) in the years 1983-2017

cji. Można tylko na podstawie analizy przedstawionych danych stwierdzić, że wysokość opadów charakteryzuje się bardzo dużą zmiennością w poszczególnych latach, a wyższe opady zdarzają się dość rzadko.

W większości lat występuje deficyt opadów, gdy chodzi o wymagania wodne roślin ziemniaka. Analiza wysokości opadów pokazuje, że na 35 analizowanych lat tylko w 16 latach poziom opadów zabezpieczał potrzeby wodne odmian wcześniejszych i tylko w 3 latach pełne potrzeby odmian późniejszych ziemniaka. Analiza ta nie uwzględnia rozkładu opadów w poszczególnych miesiącach i dekadach. Ten fakt uzasadnia potrzebę inwestowania w systemy nawadniania w każdym gospodarstwie rolnym oczywiście pod warunkiem uzyskania dodatkowej rentowności produkcji rolnej w przeciętnych warunkach.

Charakterystyczną cechą obecnego klimatu w naszym kraju jest także duże regionalne zróżnicowanie pod względem rozkładu opadów. Deficyt opadów dotyczy najczęściej środkowej części kraju (Wielkopolska, Kujawy, Mazowsze, Ziemia Łódzka, Podlasie) i w tych rejonach uprawa ziemniaka musi kojarzyć się zawsze z koniecznością nawadniania. Lepszy rozkład opadów posiada południe i północ kraju.

POTRZEBY WODNE ROŚLIN ZIEMNIAKA W OKRESIE WEGETACJI

Najbardziej optymalny rozkład opadów od momentu posadzenia bulw do momentu zbioru ziemniaków zależy głównie od uprawianej odmiany (tempa kumulacji plonu), ale także od rodzaju gleby i innych czynników atmosferycznych jak: temperatura powietrza, nasłonecznienie, prędkość wiatru czy wilgotność względna powietrza. Gleby próchniczne o wysokim kompleksie sorbcyjnym i dużej pojemności wodnej potrzebują mniej opadów i znoszą gorszy ich rozkład, a gleby lekkie, piaszczyste o niskiej pojemności wodnej potrzebują częstszych opadów w okresie wegetacji. Generalnie rośliny ziemniaka dla dobrego plonowania wymagają następującego rozkładu opadów:

1. Okres sadzenia i początkowego wzrostu roślin

W czasie wschodów roślin ziemniaka korzystna jest ciepła i umiarkowanie wilgotna wiosna. Sadzeniaki mogą rozwijać się tj. kielkować, tworzyć korzenie i nadziemną część przy małej wilgotności gleby. Natomiast zbyt duża ilość opa-

dów w tym okresie powoduje zwiększenie liczby roślin porażonych rizoktoniozą oraz czarną nóżką. Po wschodach zapotrzebowanie na wodę rośnie, a przedłużający się czas niedoboru wody w tym okresie może prowadzić do zahamowania wzrostu i opóźnienia zwierania się rzędów na plantacji

2. Okres od zakończenia wschodów do początku kwitnienia

W okresie tym potrzeby wodne roślin stopniowo wzrastają. Okres tworzenia pąków na ogół odpowiada okresowi wiązania bulw, czyli tuberyzacji. Jest to okres dużych potrzeb wodnych oraz dużej wrażliwości na suszę. Deficyt wody w okresie tuberyzacji może powodować zawiązanie mniejszej liczby bulw. Niedobór opadów w okresie tuberyzacji jest przyczyną porażenia bulw *Streptomyces scabies* wywołujące chorobę skórki, zwaną parchem zwykłym, obniżającą plon handlowy ziemniaka [Głuska i Nowacki 2001].

3. Okres od początku kwitnienia do dojrzewania (żółknięcia) roślin

W fazie tej, gdy bulwy powiększają swoją wielkość i masę, potrzeby roślin są największe i również największa jest ich wrażliwość na suszę. W tym okresie pożądane są równomiernie rozłożone opady a potrzeby wodne wynoszą wówczas 30 – 35mm/ dekadę, co oznacza codzienne zużycie przekraczające 3 mm. Jeżeli opady są nierównomierne, występują wówczas zakłócenia wzrostu bulw, objawiające się deformacjami, spękaniem fizjologicznymi oraz wtórnym wzrostem (paciorowatością). Nieprawidłowa gospodarka wodna w tym okresie, kiedy obfite opady występują po długiej suszy, jest powodem występowania pustowatości bulw.

4. Okres dojrzewania i zbioru

W okresie pełni dojrzewania następuje zahamowanie intensywności asymilacji, rośliny zmniejszają pobieranie wody i składników z gleby. Orientacyjne dekadowe potrzeby opadowe ziemniaka wczesnego i późnego na glebie średniej (mm/dekadę) w całym okresie wegetacji przedstawiono w tabeli 1.

WPŁYW NAWADNIANIA NA WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU ZIEMNIAKÓW

Eliminacja deficytu opadów naturalnych w okresie wegetacji ziemniaka przy pomocy nawadniania zawsze służy zwiększeniu plonów bulw, a bardzo często (nie zawsze) także poprawie jakości

Tabela 1. Orientacyjne dekadowe potrzeby opadowe ziemniaka wczesnego i późnego na glebie średniej (mm/dekadę) [Dzieżyc i in.1987, Głuska 1996]**Table 1.** Indicative decadic rainfall needs of early and late potato on medium soil (mm/decade)

Grupa odmian	Kwiecień			Maj			Czerwiec			Lipiec			Sierpień			Wrzesień		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Wczesne	–	15	18	20	22	25	27	32	35	33	30	25	18	–	–	–	–	–
Późne	–	–	–	20	20	22	22	25	27	30	32	35	32	25	22	20	16	14

bulw wyrażanej wyglądem bulw (morfologia) lub lepszymi parametrami technologicznymi. Bardzo rzadko zdarza się w klimacie Polski, aby rozkład opadów był optymalny i odpowiadał wymaganiom wodnym roślin ziemniaka [Nowacki 2008]. Statystyka plonowania ziemniaka w Polsce pokrywa się wielkością opadów w poszczególnych okresach wegetacji. Lata suche są jednocześnie latami o najniższych plonach krajowych ziemniaka.

Wielkość przyrostu plonu bulw pod wpływem nawadniania uzależniona jest w głównej mierze od ilości zużytej wody w okresie wegetacji oraz od rozkładu stosowanych aplikacji wody. Odmiany o dużym potencjale plonowania i wysokich wymaganiach wodnych charakteryzują się wyższym przyrostem plonu. Należy także podkreślić, że każda odmiana ziemniaka posiada w swym rozwoju okres największego zapotrzebowania na wodę, a przypada on wtedy, gdy przyrost masy bulw jest największy. Jeśli w tym samym czasie wystąpi niedobór opadów przyrost plonu pod wpływem nawadniania jest największy.

Oprócz wzrostu plonu nawadnianie wpływa korzystnie na jakość uzyskanych bulw. Optymalne zaopatrzenie roślin w wodę według wielu badań wpływa na:

- większe wyrównanie wielkości bulw w kierunku zwiększenia ich masy (mniej bulw drobnych),
- zwiększenie regularności kształtu bulw i przeciwdziałanie powstawaniu deformacji bulw typu lalkowatość, dzieciuchowatość, paciorkowatość,
- zmniejszenie porażenia bulw parchem zwykłym (optymalna wilgotność gleby w momencie tuberyzacji bulw),
- zmniejszenie ilości bulw z pustowatością miąższu,
- zmniejszenie ilości bulw ze spękaniem fizjologicznymi (tzw. kajzerkowatość),
- poprawa jakości użytkowej i technologicznej bulw w tym:
 - zmniejszenie zawartości azotanów i glikoalkaloidów (tych ostatnich wtedy, gdy nie

nastąpi rozmycie redlin podczas deszczowania i nie wzrośnie tym samym liczba bulw zazielenionych

- zmniejszenie zawartości cukrów redukujących, a więc polepszenie barwy produktów ziemniaczanych smażonych (frytki, chipsy) [Boguszewska i inni 2006, Głuska i Nowacki 2001].

Poprawa jakości bulw jest gwarantowana wówczas, gdy nawadnianie plantacji prowadzi się równomiernie podczas całego okresu wegetacji zapewniając stały komfort zaopatrzenia roślin ziemniaka w wodę. Źle prowadzone nawadnianie tj. sporadyczne przeplatane okresami występowania suszy glebowej może doprowadzić do obniżenia jakości bulw. Dotyczy to szczególnie gleb lekkich, gdy wahania wilgotności gleby są duże i tam zaleca się częste nawadnianie, ale mniejszymi dawkami wody. W tego typu przypadkach zaleca się stosowanie nawadniania kropelkowego zamiast systemu deszczującego.

Na plantacjach nawadnianych plony ziemniaka stabilizują się na wysokim poziomie i zależą tylko od poziomu stosowanej agrotechniki w danym gospodarstwie. Najczęściej gospodarstwa, które stosują nawadnianie ziemniaków należą do czołówki w branży ziemniaczanej a poziom agrotechniki jest tam najwyższy. Ich filozofia działania jest taka, że stosując bardzo kosztowną technologię uprawy (kwalifikowane sadzeniaki, właściwa pielęgnacja i ochrona plantacji, optymalne terminy wykonywania zabiegów itp.) nie należy zbytnio uzależniać poziomu plonowania od warunków klimatycznych, bo w przypadku wystąpienia suszy strata ekonomiczna będzie wysoka, a więc stosują także nawadnianie plantacji. Są to najczęściej gospodarstwa specjalizujące się w uprawie ziemniaka jadalnego pod potrzeby zaopatrywania sieci sklepowych lub gospodarstwa uprawiające ziemniaki dla przetwórstwa spożywczego produkującego frytki lub chipsy [Nowacki 2016].

Szacuje się, że takich gospodarstw jest aktualnie w kraju tylko około 3-5% uwzględniając

wszystkie gospodarstwa uprawiające ziemniaki, ale produkujących około 10% krajowej masy towarowej. Plonowanie ziemniaków w tych gospodarstwach kształtuje się na poziomie 45-55 ton z hektara każdego roku niezależnie od przebiegu pogody.

Zakład Agronomii Ziemniaka IHAR – PIB w Jadwisinie od wielu już lat prowadzi badania nad wpływem nawadniania na plonowanie różnych odmian ziemniaka oraz na zmiany cech jakości uzyskanego plonu. Przedstawione w tabelach nr 2, 3 i 4 wyniki badań dotyczą wpływu nawadniania 12 odmian ziemniaka na plonowanie oraz udział plonu handlowego w plonie głównym. Pod pojęciem plonu handlowego należy rozumieć tylko ta część plonu o bulwach o wyglądzie akceptowalnym przez kupujących ziemniaki jadalne (odpowiedniej wielkości – pow. 35 mm średnicy, wolne od parcha zwykłego i silnej rizoktoniozy, niezdeformowane i niespękane, niezazielenione i zdrowe. W tabeli 2 przedstawiono wielkość opadów naturalnych oraz zastosowane dawki uzupełniające nawadniania deszczującego w poszczególnych miesiącach (IV-IX) okresu wegetacji ziemniaka w latach 2013-2015 na polu eksperymentalnym IHAR – PIB Oddział w Jadwisinie. Eksperyment polowy prowadzony był zawsze na glebie lekkiej z zastosowaną agrotechniką odpowiadającą zasadom Integrowanej Produkcji ziemniaka. Sezon 2013 roku charakteryzował się generalnie wysokimi opadami deszczu z wyjątkiem lipca, kiedy wystąpiła susza i wtedy zaszła konieczność nawadniania (po stwierdzeniu deficytu polowej pojemności wodnej gleby). Z kolei sezon 2015 roku był skrajnie suchy i konieczne było wielokrotne nawadnianie w miesiącach VI-VIII w łącznej dawce 100 mm wody. Sezon 2014 roku odznaczał się lekkim deficytem opadów, a susza wystąpiła głównie w lipcu. W sezonach 2016 i

2017 roku (pomimo założonych doświadczeń odmianowych) nie zaszła konieczność stosowania nawadniania obiektów badawczych z uwagi na wystarczającą wielkość opadów. Sezon 2017 roku był w warunkach Jadwisina skrajnie mokry dla uprawy ziemniaka. Spowodowało to utrudnienia w zbiorze ziemniaków i straty masy bulw wynikające z gnicia bulw podczas składowania i przechowywania.

Uzyskane wyniki dotyczące plonowania odmian ziemniaka wskazują, że w sezonie 2013 roku pomimo dużej ilości opadów i tylko krótkotrwałej lipcowej suszy, efekt nawadniania w postaci wyżki plonu był największy. Można to tłumaczyć, że stres suszy glebowej jest tym większy, jeśli rośliny nie są przygotowane z powodu słabiej rozwiniętego systemu korzeniowego.

Wyniki badań udowodniły także zróżnicowaną reakcję odmian ziemniaka na występujące stropy suszy glebowej. Odmiana Oberon okazała się najbardziej wdzięczną za nawadnianie, a odmiany wczesne: Hubal, Vineta i Gawin okazały się najbardziej tolerancyjnymi na stres suszy. W analizowanym 3-letnim cyklu badań wykazano średnio blisko 24% przyrost plonu bulw ziemniaka pod wpływem nawadniania.

Analiza jakości plonu bulw wykazała, że wskaźnik udziału plonu handlowego w plonie ogólnym pod wpływem nawadniania generalnie wzrasta, ale u wielu odmian może nastąpić pogorszenie wyglądu bulw. Najczęściej jest to spowodowane powstawaniem deformacji bulw dużych, wystąpieniem porażenia parchem zwykłym czy ospowatości bulw [Głuska i Nowacki 2001]. Takim przykładem był sezon 2014 roku, kiedy u wielu odmian nastąpiło pogorszenie (zmniejszenie) wskaźnika udziału plonu handlowego w plonie ogólnym pomimo uzyskanego bardzo wysokiego plonu ogólnego bulw u większości odmian.

Tabela 2. Rozkład opadów w latach 2013-2015 (IHAR – PIB Oddział w Jadwisinie) oraz zastosowane nawadnianie w uprawie ziemniaka

Table 2. Rainfall distribution in 2013-2015 (IHAR – PIB Branch in Jadwisin) and irrigation applied in potato cultivation

Lata badań	Opady deszczu oraz zastosowane nawadnianie (mm wody) w miesiącach						Suma opadów
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
2013 O	51,1	130,0	100,5	17,1	97,7	94,0	490,4
N	-	-	-	20,0	-	-	20,0
2014 O	61,1	41,1	69,8	23,5	79,2	11,9	286,6
N	-	-	-	40,0	-	-	40,0
2015 O	27,8	39,5	15,4	62,6	8,6	36,6	190,5
N	-	-	40,0	20,0	40,0	-	100,0

N – nawadnianie uzupełniające (mm), O – opad naturalny.

Tabela 3. Przyrost plonu bulw różnych odmian ziemniaka pod wpływem nawadniania w latach 2013-2015 (dane IHAR – PIB Oddział Jadwisin)**Table 3.** Growth of tuber yields of various potato varieties under the influence of irrigation in 2013-2015 (IHAR data – PIB Jadwisin Branch)

Odmiana	Plon bulw ziemniaka t/ha w latach								Przyrost plonu po nawadnianiu	
	2013		2014		2015		średnio			
	S	N	S	N	S	N	S	N	t/ha	%
Hubal	28,9	34,5	38,4	45,2	29,2	26,7	32,2	35,5	3,3	10,2
Ignacy	35,8	51,9	46,8	58,7	32,8	37,7	38,5	49,4	10,9	28,3
Michalina	31,4	56,8	56,4	57,7	40,2	40,0	42,7	52,1	9,4	22,0
Vineta	31,0	39,1	41,7	39,6	28,4	36,5	33,7	38,4	4,7	13,9
Etiuda	28,9	42,5	41,6	48,8	29,3	38,9	33,3	43,4	10,1	30,3
Gawin	30,2	44,7	50,8	49,6	39,5	42,9	40,2	45,7	5,5	13,7
Jurata	31,1	41,3	43,5	46,1	37,9	41,4	37,5	42,9	5,4	14,4
Jurek	31,3	44,9	46,7	47,5	40,9	48,5	39,6	47,0	7,4	18,7
Oberon	21,8	53,1	50,9	50,5	22,3	32,2	31,7	45,3	13,6	42,9
Stasia	23,8	46,8	52,5	57,6	33,9	43,2	36,7	49,2	12,5	34,0
Gustaw	22,1	43,5	49,7	41,2	29,6	46,0	33,8	43,6	9,8	29,0
Zenia	27,6	43,5	41,9	54,4	34,9	36,4	34,8	44,8	10,0	28,7
Średnio	28,7	45,2	46,7	49,7	33,2	39,2	36,2	44,8	8,6	23,8
NIR _{0,05} dla odmian	4,1	4,8	5,0	5,2	3,9	4,1	4,5	4,8	–	–
NIR _{0,05} dla kombinacji	4,9		5,3		4,6		4,8		–	–

S – kombinacja bez nawadniania, N – kombinacja z nawadnianiem.

Tabela 4. Wpływ lat uprawy, odmiany i nawadniania na kształtowanie się udziału plonu handlowego w plonie ogólnym ziemniaka (dane IHAR – PIB Oddział w Jadwisinie)**Table 4.** Influence of cultivation, variety and irrigation years on the share of commercial yield in the total yield of potato (data from the IHAR – PIB Branch in Jadwisin)

Odmiana	Udział plonu handlowego w plonie ogólnym (%) w latach								Przyrost udziału plonu handlowego
	2013		2014		2015		średnio		
	S	N	S	N	S	N	S	N	%
Hubal	71,9	79,3	77,7	77,7	42,4	58,3	64,0	71,8	+7,8
Ignacy	86,7	83,2	84,3	78,0	47,3	74,5	72,8	78,6	+5,8
Michalina	88,2	86,5	72,9	78,1	51,7	56,4	70,9	73,7	+2,8
Vineta	89,7	90,9	79,9	87,4	59,9	72,5	76,5	83,6	+7,1
Etiuda	79,8	79,8	54,2	70,4	36,2	74,5	56,7	74,9	+18,2
Gawin	86,8	83,6	76,1	70,7	55,2	79,8	72,7	78,0	+5,3
Jurata	81,0	86,6	87,3	58,1	45,8	80,0	71,4	74,9	+3,5
Jurek	69,2	80,9	58,4	52,6	59,2	85,7	62,3	73,1	+10,8
Oberon	72,0	88,9	76,4	84,4	76,2	81,8	74,9	85,0	+10,1
Stasia	68,7	77,0	59,4	77,8	54,0	72,2	60,7	75,7	+15,0
Gustaw	85,9	84,3	64,2	68,8	57,4	78,9	69,2	77,3	+8,1
Zenia	71,6	81,6	83,6	59,6	54,5	50,2	69,9	63,8	-6,1
Średnio	79,3	83,6	72,9	72,0	53,3	72,1	68,5	75,9	+8,4
NIR _{0,05} dla kombinacji	5,0		4,6		5,7		5,1		–

S – kombinacja bez nawadniania, N – kombinacja z nawadnianiem.

Analiza danych wskazuje, że nawadnianie w 3-letnim okresie badań zwiększało udział plonu handlowego w plonie ogólnym bulw, a więc następowała poprawa jakości pod względem wyglą-

du bulw od około 3 do ponad 18% w zależności od odmiany. Wyjątkiem była odmiana Zenia, u której w 3 letnim okresie udowodniono obniżenie jakości bulw pod wpływem nawadniania.

ODMIANY ZIEMNIAKA O PODWYŻSZONEJ TOLERANCJI NA DEFICYT OPADÓW

Hodowla odmian ziemniaka na całym świecie stara się obecnie wyhodować odmiany o podwyższonej tolerancji na stresy środowiskowe wywoływane zmianami klimatycznymi. Wśród uprawianych odmian ziemniaka można znaleźć genotypy o różnej reakcji na występujące deficyty opadów. Jest to związane z różną intensywnością transpiracji, która determinowana jest budową anatomiczną aparatu asymilacyjnego. Również wielkość i budowa anatomiczna systemu korzeniowego ma wpływ na sprawność zaopatrzenia rośliny w wodę. Tolerancja na suszę odmian ziemniaka oznacza zdolność rośliny do utrzymania swego rozwoju i utrzymania funkcji życiowych w obliczu występujących deficytów wody. Rośliny tolerujące suszę na drodze unikania odwodnienia potrafią utrzymywać dodatni bilans wodny oraz niwelować okresowe niedobory wody. Główne mechanizmy odpowiedzialne za unikanie odwodnienia polegają na dostosowaniu gospodarki wodnej rośliny do wzrastającego deficytu wody w środowisku. Odbyna się to poprzez ograniczenie transpiracji (zamykanie aparatów szparkowych, zwiększenie grubości kutykuli, pokrycie liści kutnerem, ograniczenie rozmiarów lub redukcja liści, odwracalne pofałdowanie lub zwinięcie liści, zrzucanie liści), sprawne pobieranie wody na drodze dostosowań osmotycznych, dobrze rozwinięty system korzeniowy oraz wydajne przewodzenie wody do łodyg [Chaves i in., 2003; Kacperska, 2005].

Wieloletnie badania prowadzone w IHAR – PIB pozwoliły na wyodrębnienie odmian ziemniaka o różnej tolerancji na stres suszy glebowej [Boguszewska i in. 2017]:

- odmiany wysoko tolerancyjne na stres suszy: Lord, Gwiazda, Michalina, Michalina, Asterix, Jutrzenka, Stasia, Tajfun, Syrena, Harpun, Hinga;
- odmiany średnio-tolerancyjne na stres suszy: Irys, Aruba, Cyprian, Gracja, Latona, Bogatka, Ditta, Jurek, Legenda, Malaga, Oberon, Bryza, Cedron, Glada, Pasat, Ikar, Pasja Pomorska, Sonda;
- odmiany o średnio-wysokich wymaganiach wodnych: Denar, Fresco, Miłek, Bila, Owacja, Cekin, Gawin, Irga, Sante, Satina, Jubilat, Kuba, Rumpel, Jasia;
- odmiany o dużych wymaganiach wodnych: Rosalind, Bzura, Skawa.

Przy doborze odmian do uprawy konieczne jest, obok innych cech agrotechnicznych i użytkowych, uwzględnienie tego czynnika szczególnie przy obecnie zachodzących zmianach klimatycznych.

ŹRÓDŁO WODY DO PROWADZENIA NAWADNIANIA – NAJWIĘKSZE WYZWANIE ROLNIKA

Nawadnianie plantacji ziemniaka będzie w najbliższej przyszłości koniecznością z którą muszą się zmierzyć profesjonalni producenci ziemniaka. Przejściowy klimat Polski uzasadnia celowość inwestowania w infrastrukturę służącą nawadnianiu plantacji. Posiadamy obecnie w kraju około 50 tys. gospodarstw produkujących ziemniaki na powierzchni większej od 1 ha o łącznym areale około 200 tys. ha. Aby być konkurencyjnym na rynku muszą one posiadać źródło wody, by móc stosować nawadnianie. Przy 5-krotnym nawadnianiu plantacji o powierzchni 1 ha ziemniaka w okresie wegetacji potrzeba jest około 1000 m³ wody. Nie wszystkie gospodarstwa mogą korzystać z naturalnych cieków wodnych. Konieczne jest więc inwestowanie w sztuczne zbiorniki retencyjne (stawy) zlokalizowane w najbliższym sąsiedztwie gospodarstwa z uprawą ziemniaka. Wodę do zbiorników retencyjnych należałoby pozyskiwać z okresów występowania nadmiaru wody przepływowej w naturalnych ciekach wodnych w okresie jesień – wiosna (rowy melioracyjne, rzeki). Innym rozwiązaniem, które jest obecnie częściej preferowane przez rolników to budowa studni głębinowych jako ujęć wody do nawadniania.

TECHNIKA I TECHNOLOGIA NAWADNIANIA NA PLANTACJACH ZIEMNIAKA

Każdy system nawadniający składa się z następujących elementów: źródła wody ujęcia z pompownią, linii rurowej przesyłającej wodę do plantacji oraz systemu aplikacji wody (tzn. deszczującego lub kropelkowego).

Na plantacjach ziemniaka w Polsce stosuje się głównie systemy deszczujące, czyli takie, które rozpraszają wodę w postaci zbliżonej do deszczu. W skład deszczowni wchodzi:

- agregat pompowy spalinowy lub elektryczny pobierający wodę ze źródła,

- rurociągi transportujące wodę od agregatu pompowego do zraszaczy,
- zraszacze, których zadaniem jest równomierne rozprowadzanie wody po powierzchni pola.

Deszczownia szpulowa składa się z bębna z nawiniętym węzłem oraz lekkiego wózka, na którym zamontowany jest zraszacz (działko wodne). Wózek połączony jest węzłem z maszyną szpulową, na którą nawijany jest wąż. Przy szpuli zamontowane są urządzenia regulacji napędu. Zabieg nawadniania za pomocą deszczowni szpulowej wygląda w ten sposób, że maszyna szpulowa ustawiana jest na skraju pola, a wózek ze zraszczem za pomocą ciągnika przetaczany jest na drugi koniec pola. Zraszacz rozpoczyna deszczowanie po podłączeniu maszyny do hydrantu i uruchomieniu pompy tłoczącej wodę. Ciągnięty przez nawijający się na szpulę wąż porusza wózek w kierunku szpuli. Działko wodne może być zastąpione przez tzw. konsolę rozlewającą. Szerokość nawadniania konsoli jest znacznie mniejsza w porównaniu z działkiem deszczującym, ale bardziej efektywniejszy pod względem równomierności nawadniania.

Na plantacjach wielkoobszarowych stosowane są, deszczownie mostowe. Są to kratownicowe konstrukcje wyposażone w szereg niskociśnieniowych zraszaczy. Porusza się na dwukołowych wózkach rozmieszczonych, co 40-60 m napędzanych silnikami elektrycznymi. Szerokość pasa nawadnianego wynosi kilkaset metrów [Nowacki 2010].

Coraz częściej stosowanym systemem nawodnieniowym jest ostatnio system rur kropelkowych. Są to rury plastikowe (średnica 14-30 mm), w których co 30-60 cm zamontowane są emiterzy, czyli elementy zapewniające powolny, równomierny na całej długości wypływ wody (1,2-2,5 l/h). Linie kroplujące podłączone są do wspólnego kolektora, który łączy się z rurociągiem zasilającym i blokiem sterującym. System wymaga filtrowania wody, aby praca emiterów była prawidłowa. Rury kroplujące instaluje się na plantacji ziemniaka: na grzbiętach wszystkich redlin, lub w brzdach – jedna linia na 2 rzędy roślin. Przy uprawie zagonowej stosuje się różne konfiguracje: 1 linia/3 rzędy roślin, 2 linie/4 rzędy roślin, itp.

Nawadnianie kropelkowe polega na dostarczaniu małych dawek wody, podawanych z dużą częstotliwością bezpośrednio do strefy korzeniowej roślin. Mały wydatek wody można uzyskać poprzez redukcję ciśnienia w emiterach wskutek przepływu wody przez małe otwory lub na zasadzie opo-

rów hydraulicznych przy przepływie wody przez rurki o małej średnicy i odpowiedniej długości.

Przed zbiorem rury kropelkowe są zbierane z redlin i cały system jest w dość prosty sposób demontowany. Rury kropelkowe w zależności od typu są jednorazowe lub nadają się do wielokrotnego stosowania (nawet przez 8-10 lat). System taki posiada szereg zalet: jest łatwy w obsłudze, może być w pełni lub częściowo zautomatyzowany, umożliwia precyzyjne dawkowanie wody i podawanie wraz z wodą nawozów mineralnych. Plusem jest również to, że woda jest dostarczana w sąsiedztwo korzeni roślin, zaś liście pozostają niezamoczone. Zmniejsza to zagrożenie porażenia roślin przez zarazę ziemniaka (*Phytophthora infestans*) i obniża koszty ochrony. Nawadnianie kropelkowe powoduje zwilżenie stosunkowo niewielkiej powierzchni gleby, co ogranicza straty wody przez parowanie. Natomiast stosowanie małych dawek wody ogranicza straty spowodowane odpływem wody poza zasięg systemu korzeniowego roślin. Tym sposobem oszczędność wody przy użyciu tego systemu może dochodzić nawet do 40% w porównaniu z innymi sposobami nawadniania. System kropelkowy jest szczególnie polecany do uprawy ziemniaka w systemie ekologicznym i Integrowanej Produkcji [Mazurczyk i inni 2007, Nowacki 2009]. Wadą systemu rur kropelkowe jest jego wysoka cena wynikająca m. in. z konieczności dużej ilości rur kropelkowe użytych na każdy hektar plantacji.

Każdy system nawadniania posiada swoje zalety i wady. W tabeli 5 przedstawiono zalety i wady nawadniania deszczującego z działkiem wodnym i konsolą oraz systemu kropelkowego.

ZASADY NAWADNIANIA PLANTACJI ZIEMNIAKA

Przy nawadnianiu należy przestrzegać optymalnych terminów aplikacji wody, by nie dopuścić do zbyt dużych wahań w wilgotności gleby. Optymalne uwilgotnienie gleby wynoszące 65-70% polowej pojemności wodnej, zwiększa wykorzystanie przez rośliny składników pokarmowych i zabezpiecza komfort dla prawidłowego rozwoju systemu korzeniowego i części nadziemnej (łęcín).

Nawadnianie powinno się rozpoczynać:

- dla odmian bardzo wczesnych: w II dekadzie maja (dotyczy to szczególnie produkcji ziemniaków wczesnego zbioru),

Tabela 5. Zalety i wady stosowania nawadniania deszczowego oraz kroplowego**Table 5.** Advantages and disadvantages of applying rain and drip irrigation

System nawadniania	Zalety	Wady
Deszczownia szpulowa z działkiem wodnym	<ul style="list-style-type: none"> ➤ dowolność i szybkość ustalania wysokości dawki polewowej (przekładnia wielostopniowa) ➤ łatwość rozstawienia deszczowni do pracy i zakończenia pracy ➤ względnie duża szerokość jednorazowego pasa nawodnieniowego 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ wymagane wysokie ciśnienie wody (7-10 bar) ➤ znoszenie strumienia przez wiatr (zmiana szerokości pasa nawodnieniowego) ➤ rozmywanie redlin ➤ konieczna zwiększona ochrona roślin ➤ zagęszczenie gleby
Deszczownia szpulowa z belką rozlewającą	<ul style="list-style-type: none"> ➤ delikatne strumienie wody nie uszkodzające roślin i redlin ➤ duży wydatek cieczy w jednostce czasu ➤ możliwość nawadniania przy umiarkowanym wietrze ➤ mniejsze ciśnienie robocze 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ konsola droższa od działka wodnego w zakupie ➤ trudności w prowadzeniu konsoli na nierównościach terenu i przy bardzo silnym wietrze ➤ możliwość spływu powierzchniowego przy nierównościach powierzchni pola (przeciwdziałanie – zastosowanie dołownika redlinowego) ➤ konieczna zwiększona ochrona roślin
System kropelkowy	<ul style="list-style-type: none"> ➤ małe zużycie wody ➤ możliwość uzyskania optymalnego uwilgotnienia gleby (zapewnienie komfortu dla roślin) ➤ możliwość stosowania dokarmiania roślin do ich aktualnych potrzeb ➤ niskie nakłady pracy podczas sezonu nawodnieniowego (praktycznie nie istnieją) ➤ brak konieczności zwiększenia intensywności ochrony roślin ➤ oszczędności w stosowaniu nawozów 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ wysoki koszt inwestycyjny (linie kroplujące, linie zasilające, sterownik, pompa nawozowa, elektrozapory itp.) ➤ duże nakłady pracy przy zakładaniu i demontażu systemu ➤ dysponowanie czystą wodą lub urządzeniami filtrującymi

- dla odmian wczesnych w I dekadzie czerwca,
- dla odmian późnych w połowie czerwca lub na początku lipca.
- Przeciętne zapotrzebowanie ziemniaka na opady w okresie wegetacji:
- dla odmian bardzo wczesnych 250 – 350mm (w okresie V – VII)
- dla odmian późniejszych 350 – 400mm (w okresie VI – IX)

Ilości te nie są ściśle określone. Zależą one od wielu czynników klimatycznych: nasłonecznienie, temperatury, wilgotności powietrza, siły wiatru, itd. Ważnym czynnikiem jest również rodzaj gleby. Na glebach lżejszych dawki wody powinny być mniejsze niż na glebach cięższych.

Najbardziej pożądanym sposobem uzupełniania deficytu opadów jest częste nawadnianie małymi dawkami wody. Maksymalna jednorazowa dawka polewowa nie powinna być większa niż 15-20 mm. Orientacyjną ocenę potrzeby nawadniania można uzyskać przez porównanie ilości opadów naturalnych z potrzebami roślin w poszczególnych dekadach sezonu wegetacji. Profesjonalne określenie potrzeby przeprowadzenia nawadniania można oprzeć na pomiarze wilgotności gleby przy pomocy urządzenia zwanym tensjometrem. Tensjometr umieszczony szczelnie

w glebie wskazuje na skali deficyt wilgotności warstwy ornej. Dla jeszcze bardziej profesjonalnego określenia uruchomienia nawadniania na plantacji można wykorzystać sieć uruchamianych stacji meteorologicznych dla potrzeb systemu wspomagania decyzji w ochronie i nawadnianiu roślin [Mazurczyk i in. 2007].

PO ZBIOROWE ZAPOTRZEBOWANIE WODY W PRODUKCJI ZIEMNIAKA

Zapotrzebowanie na wodę nie kończy się na procesie uprawy ziemniaka w polu. Bulwy ziemniaka, jako warzywo trafiają na współczesnym rynku do placówek sprzedaży detalicznej w formie oczyszczonej i zapakowanej w opakowania jednostkowe. Służą temu różnego rodzaju urządzenia myjące, szczotkujące lub polerujące. Aby uzyskać odpowiedni wygląd bulw, konfekcjonowanie bulw odbywa się z użyciem wody. Zależnie od stopnia zanieczyszczenia glebą oraz rodzaju gleby zużycie wody do prawidłowego umycia bulw wynosi od 0,5 do 1 m³ wody na 1 tonę surowca. Centra obróbcze ziemniaka dokonują różnych innowacyjnych rozwiązań celem zmniejszenia ilości generowanych ścieków podczas konfekcjonowania poprzez stosowanie ukła-

dów recykulacji wody wraz z jej oczyszczaniem i ponownym wykorzystaniem.

Ziemniak, jako surowiec w przetwórstwie spożywczym służy produkcji frytek, chipsów czy suszy spożywczej. Niezależnie od zastosowanej technologii przetwórczej, bulwy ziemniaka są na wstępnym etapie myte, co generuje już zużycie wody podobne jak podczas konfekcjonowania. Dodatkowe zużycie wody odbywa się podczas mechanicznego czy parowego obierania bulw, a następnie podczas krojenia na plasterki, talarki czy słupki. Wszystkie produkty przeznaczone do dalszego smażenia muszą być oddane opłukaniu ze skrobi celem zapobiegnięcia sklejeniu produktów finalnych. Z informacji uzyskanych z zakładów przetwórczych pełne zużycie wody przy produkcji produktów smażonych wynosi od 5 do 8 m³ wody na 1 tonę finalnego produktu.

Największe zapotrzebowanie wody występuje przy produkcji skrobi ziemniaczanej w krochmalniach. Uzyskane dane szacunkowe z zakładów krochmalniczych wskazują na konieczność zużycia 12–15 m³ wody na 1 tonę przetwarzanego surowca podczas całego procesu pozyskiwania skrobi z bulw ziemniaka [Koniczny i Szymański 2007].

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 14 stycznia 2002 roku w sprawie określenia przeciętnych norm zużycia wody dot. zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego określa tylko zapotrzebowanie wody dla gorzelnii. Na wyprodukowanie 1000dm³ spirytusu potrzeba 115 m³ wody. O innych przemysłach przetwarzających ziemniaki zużywających wodę w procesach technologicznych nie ma żadnej informacji.

PODSUMOWANIE

1. Ziemniak jest gatunkiem o dość krótkim okresie zapotrzebowaniu na większe ilości wody (300-450 mm) w okresie 2-3 miesięcy (czerwiec-sierpień). W tym czasie następuje wiązanie i kumulacji masy bulw decydujące o końcowym potencjale plonowania.
2. Analiza wieloletnich opadów naturalnych w warunkach Polski wykazuje, że w ponad 50-60% sezonów wegetacji występuje stres suszy glebowej ograniczającej wysokie plonowanie ziemniaka.
3. Inwestowanie profesjonalnych producentów ziemniaka w infrastrukturę służącą stosowaniu nawadnia na plantacjach ziemniaka (zbiorniki

retencyjne, ujęcia wody, deszczownie, linie kropłowe) staje się koniecznością.

4. Optymalne zaopatrzenie roślin w wodę stabilizuje plonowanie na wysokim poziomie oraz z reguły poprawia jakość handlową bulw co jest na współczesnym rynku koniecznością.
5. Dysponowanie znacznymi ilościami wody nie kończy się na wyprodukowaniu bulw ziemniaka. Woda jest potrzebna do przygotowania towaru do sprzedaży rynkowej (mycie) oraz w przetwórstwie ziemniaka na produkty spożywcze, skrobię i alkohol.

BIBLIOGRAFIA

1. Biuletyn służby hydrologiczno-meteorologicznych. IMGW – PIB z lat 1983-2017.
2. Boguszewska D., Głuska A, Nowacki W.: 2006 Reakcja wybranych odmian ziemniaka na suszę. Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln. 511, 165–174.
3. Boguszewska D., Czerko Z., Goliński W., Jankowska J., Nowacki W., Pietraszko M., Trawczyński C., Wierzbicka A., Zarzyńska K., Michałak K. 2017. Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Pr. zbior. pod red. W. Nowackiego, Wyd. XX, IHAR - PIB O/Jadwisin, ss. 40.
4. Chaves M.M., Maroco J.P., Pereira J.S. 2003. Understanding plant response to drought – from genes to the whole plant. *Funct. Plant Biol.* 30, 239–264.
5. Dzieżyc J. (red.) 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych. PWN Warszawa, ss. 419.
6. Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. 1987. Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 314, 11-33.
7. Głuska A. 1996. Agrotechnika ziemniaka na plantacjach nawadnianych. Instrukcja wdrożeniowa nr 1/96. Bonin ss. 40.
8. Głuska A. 2000. Nawadnianie, jako czynnik kształtujący jakość plonu ziemniaków. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 213, 179-184.
9. Głuska A. 2002. Wpływ warunków glebowych i rozkładu opadów na plon i niektóre cechy jakości bulw jako ograniczenia w produkcji ekologicznej ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489, 165-175.
10. Głuska A., Nowacki W. 2001. Wpływ opadów i warunków glebowych na porażenie bulw parchem zwykłym (*Streptomyces scabies*). *Mat. konf. IHAR "Ochrona ziemniaka" Kołobrzeg 19-20.04.2001*, 72-77.
11. Haverkort A.J., MacKerron D.K.L. 2000. Management nitrogen and water in potato production. *Waeningen Pers.*, ss. 353.

12. Kacperska A. 2005. Reakcje roślin na abiotyczne czynniki stresowe. W: Kopcewicz J., Lewak S. (red.) Fizjologia Roślin, PWN Warszawa, 612–678.
13. Konieczny P., Szymański M. 2007. Ścieki z przemysłu spożywczego – charakterystyka, zagrożenia, korzyści. Przegł. Komunalny, nr 2, 88-100.
14. Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C., Nowacki W., Zarzyńska K. 2007. Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) za pomocą metody kroplowej oraz systemu DSS. Roczniki AR w Poznaniu. CCCLXXX Rolnictwo 66, Poznań: 235-241.
15. Nowacki W. 2008. Nawadnianie czynnikiem zwiększającym, stabilizującym i poprawiającym jakość plonów ziemniaka. Wieś Jutra, 2(105), 11-12.
16. Nowacki W. 2009, Nawadnianie czynnikiem modyfikującym opłacalność uprawy ziemniaka w systemie ekologicznym. Journal of Applications in Agricultural Engineering. Poznań, 54(4), 32-35.
17. Nowacki W. 2010. Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji. Broszura IHAR – PIB Jadwisin 2010, ss. 56.
18. Nowacki W. 2016. Racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi w uprawie ziemniaka. Monografia CDR Brwinów pt. „Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie” Brwinów 2016, 273-286.
19. Nowacki W. 2016. Ocieplenie klimatu, a konsekwencje dla uprawy ziemniaków. Agroservis nr 1-2, 34-36.