



AGROTECHNICZNE ASPEKTY NAWADNIANIA KROPLOWEGO I FERTYGACJI AZOTEM ROŚLIN ZIEMNIAKA

Cezary Trawczyński

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB Jadwisin

AGRICULTURAL ASPECTS OF DRIP IRRIGATION AND NITROGEN FERTIGATION POTATO PLANTS

Streszczenie

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2010-2012 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin na glebie lekkiej, kwaśnej. Celem badań było porównanie oddziaływania na plon bulw i jego strukturę oraz niektóre elementy jakości bulw (zawartość azotanów, skrobi, witaminy C, suchej masy oraz deformacje, zazielenienia i porażenie parchem zwykłym) różnych wariantów rozmieszczenia linii kroplujących pomiędzy rzędami roślin ziemniaków i prowadzenie nawadniania z fertygacją azotem. Nawadnianie kroplujące prowadzono podpowierzchniowo umieszczając przewody na rzędach roślin (kombinacja B), a na powierzchni umieszczając je w każdym międzyrzędziu (kombinacja C) oraz co drugie międzyrzędzie, podwajając dawkę nawodnieniową (kombinacja D). Azot mineralny na kombinacjach nawadnianych zastosowano rzutowo przed sadzeniem w dawce $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ w formie fertygacji (5 zabiegów po $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \text{ N}$). Kontrolę stanowiła kombinacja (A) nienawadniana z azotem zastosowanym rzutowo przed sadzeniem w dawce $100 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Dawki wody i terminy ich stosowania ustalono na podstawie wilgotności gleby przy użyciu tensjometrów. Umieszczając przewody podpowierzchniowo na rzędach roślin i stosując nawadnianie kroplowe w połączeniu z fertygacją azotem, uzyskano większy o około 14% ogólny i o około 22% handlowy plon bulw ziemniaków w porównaniu do kontroli. Stwierdzono, że plon bulw uzyskany na kombinacji z rozmieszczeniem linii kroplujących podpowierzchniowo na rzędach roślin nie różnił się istotnie w porównaniu do plonu z kombinacji, na której linie kroplujące usytuowano na powierzchni w każdym międzyrzędziu. Nawadnianie kroplowe z fertygacją spowodowało wzrost o 2-5% udziału bulw dużych w plonie (o średnicy powyżej 6 cm). Na kombinacji z liniami rozprowadzonymi na rzędach roślin stwierdzono

mniejszy udział bulw porażonych parchem zwykłym niż na kontroli oraz większą zawartość skrobi i witaminy C w bulwach, w porównaniu do pozostałych kombinacji.

Słowa kluczowe: ziemniak, plon, jakość bulw, nawadnianie kroplujące, fertygacja azotem

Summary

The field experiment was conducted in the years 2010-2012 at Plant Breeding and Acclimatization Institute, Division Jadwisin on the light and acid soil. The aim of the research was to compare effect on tubers yield, their structure and some quality elements of tubers (content of nitrates, starch, vitamin C, dry matter and percentage of deformations, green tubers, common scab infection) different variants of lines drip irrigation between rows potato plants localization and conduct of irrigation with nitrogen fertigation. The drip irrigation was conducted of subsurface and drip lines situated on rows of plants (object of B), on surface and drip lines situated in each row space (object of C), every second row space and double irrigated dose of water (object of D). Mineral nitrogen on irrigated objects by broadcasting before of planting of 50 kg.ha^{-1} and by fertigation of 50 kg.ha^{-1} (5 treatments to 10 kg.ha^{-1}) was applied to the soil. The control was object (A) without irrigated with nitrogen application in dose of 100 kg.ha^{-1} by broadcasting before planting. The doses of water and dates of their application were established by using tensjometer. When the lines situated by subsurface on rows and drip irrigation with nitrogen fertigation applied increasing about 14% of total and about 22% of commercial tubers yield of potato in compare to control was stated. The yield of tubers on the object with drip lines by subsurface on rows was not significant compare to object where the drip lines on surface each row space was situated. The drip irrigation with fertigation increasing about of 2-5% big tubers share in yield (diameter above of 6 cm) was caused. On the object with drip lines on rows situated smaller share of tubers with common scab infection than control objects and increase of starch and vitamin C content in tubers to compare other objects were observed.

Key words: potato, yield, tubers quality, drip irrigation, nitrogen fertigation

WSTĘP

Ziemniak należy do roślin charakteryzujących się dość dużymi potrzebami wodnymi w szerokim przedziale czasowym wzrostu i rozwoju. Wrażliwość roślin ziemniaka na niedobór wody rozpoczyna się już od okresu zwarcia rzędów i trwa do początku żółknięcia roślin [Głuska 1996, Dzieżyc i in. 1987]. Metodą uzupełniania ilości opadów i wyrównywania ich rozkładu stosowanie do potrzeb roślin, a przez to uzyskiwania wysokiego i stabilnego plonu o pożądanych cechach jakości bulw jest nawadnianie plantacji, przy pomocy różnego rodzaju urządzeń nawodnieniowych [Łuszczak 2004]. Obecnie na plantacjach ziemniaków najczęściej stosuje się nawadnianie deszczowniane, które powoduje

jednak duże zużycie wody i straty poprzez jej parowanie oraz może dawać negatywne efekty uboczne w postaci poparzeń liści czy rozwoju chorób liści [Łuszczuk 2009]. Za najbardziej precyzyjne uważa się nawadnianie kropłowe. Ten sposób nawadniania sprawia, że woda trafia w bezpośrednie sąsiedztwo korzeni roślin, jest szybko pobierana i nie ma strat spowodowanych parowaniem z powierzchni roślin, zatem jest to system oszczędzający wodę. Ponadto ten sposób aplikacji wody nie powoduje rozmywania redlin i zielenienia bulw. Część nadziemna roślin nie jest spryskiwana, nie zwiększa się wilgotność w łanie, a tym samym zagrożenie porażenia roślin zarazą jest znacznie mniejsze. Zmniejszając zagrożenie zarazą, można na plantacji zredukować liczbę oprysków fungicydowych [Nowacki 2010]. Systemem przewodów kroplujących można również wraz z wodą podawać w formie fertygacji nawozy mineralne (szczególnie azotu), które stosowane do gleby w małych dawkach jest kilkakrotnie efektywniejsze w odniesieniu do plonu bulw niż, tradycyjne nawożenie w formie stałej [Trawczyński 2006, 2009]. Badania wykazały, że kropłowy system nawadniania może być w produkcji ziemniaka opłacalny ekonomicznie [Nowacki 2006]. Z uwagi na oszczędności wody i nawozów należy oczekiwać, że w przyszłości może on stanowić jeden z podstawowych elementów precyzyjnej technologii uprawy wielu gatunków roślin, w tym ziemniaka [Jeznach 2009]. Mankamentem są jednak wysokie nakłady inwestycyjne, wynikające głównie z zakupu linii kroplujących oraz ich montażu, w związku z czym należy dążyć do dalszych udoskonaleń i modyfikacji tego systemu [Nowacki 2006, Trawczyński 2010].

Mając na uwadze wyżej przedstawione problemy przeprowadzono badania, których celem była analiza wpływu różnych wariantów usytuowania przewodów nawadniających pomiędzy rzędami roślin ziemniaka oraz azotu stosowanego w formie fertygacji, na wielkość plonu i wybrane elementy jakości bulw.

METODYKA

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2010-2012 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział Jadwisin w warunkach gleby lekkiej o składzie mechanicznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba charakteryzowała się odczynem kwaśnym (pH w 1n KCl od 5,0 do 5,5), wysoką zawartością przyswajalnej formy fosforu (75 - 80 mg.kg⁻¹ P), niską potasu (50 - 60 mg.kg⁻¹ K) i średnią magnezu (3,1- 4,0 mg.kg⁻¹ Mg). Zawartość węgla organicznego w glebie wahała się od 0,44 do 0,68%. W badaniach stosowano następujące kombinacje nawozowe:

A – 100 kg·ha⁻¹ N rzutowo, bez linii kroplującej (kontrola),

B – 50 kg·ha⁻¹ N rzutowo + 50 kg·ha⁻¹ N w formie fertygacji, linia kroplująca umieszczona na rzędzie,

C – 50 kg.ha⁻¹ N rzutowo + 50 kg.ha⁻¹ N w formie fertygacji, linia kroplująca umieszczona w międzyrzędziu,

D – 50 kg.ha⁻¹ N rzutowo + 50 kg.ha⁻¹ N w formie fertygacji, linia kroplująca umieszczona co drugie międzyrzędzie + podwojona dawka nawodnieniowa.

Warunki klimatyczne okresu wegetacji oceniono na podstawie odchyień od normy ilości opadów i średnich temperatur powietrza (tab. 1). Z przedstawionych danych wynika, że analizowane lata badań były wilgotne, w związku z czym nawadnianie stosowano w ograniczonym zakresie. W roku 2010 z uwagi na fakt, że rozkład opadów w lipcu był bardzo nierównomierny, pomimo opadów wyższych od średniej z wielolecia, podano trzy dawki wody w dniach: 5, 16, 23 lipca, stosując łącznie 19,3 mm wody na kombinacjach z liniami kroplującymi umieszczonymi na rzędach i w każdym międzyrzędziu oraz 38,6 mm na kombinacji, gdzie linie rozłożono w co drugim międzyrzędziu. W czerwcu 2011 roku, czyli w początkowym okresie wzrostu masy bulw opady kształtowały się poniżej średniej z wielolecia, w związku z czym wykonano 4 zabiegi nawadniania w dniach: 6, 15, 27, 29 czerwca, stosując łącznie 19,5 mm wody na kombinacjach z liniami kroplującymi umieszczonymi na rzędach i w każdym międzyrzędziu oraz 39,0 mm na kombinacji, gdzie linie rozłożono w co drugim międzyrzędziu. Natomiast we wszystkich istotnych dla wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka miesiącach 2012 roku (czerwiec, lipiec, sierpień), opady deszczu utrzymywały się powyżej średniej z wielolecia, przez co nie wystąpiła potrzeba wykonywania dodatkowych zabiegów nawadniających. Nawożenie mineralne azotem w ilości wynikających z przyjętych kombinacji, stosowano w formie stałej wiosną, bezpośrednio przed sadzeniem bulw oraz doglebowo w formie rozpuszczonej w wodzie (fertygacja) w okresie wzrostu i rozwoju roślin ziemniaka, w postaci saletry amonowej. Aplikacje ustalonej dawki azotu w formie fertygacji przeprowadzano każdego roku w pięciu terminach (po 10 kg.ha⁻¹ N), w okresie od około połowy czerwca do połowy lipca raz w tygodniu, zużywając do każdego zabiegu około 1,5 mm wody (stężenie roztworu saletry amonowej wynosiło 0,1–0,2%). Nawadnianie prowadzono z zastosowaniem podpowierzchniowego (5 cm) – kombinacja B i powierzchniowego – kombinacje C i D, systemu linii kroplujących z kompensacją ciśnienia firmy Netafim. Linie kroplujące z emiterami wody rozmieszczonymi co 35 cm, rozprowadzone były na grzbiecie każdego uprzednio wałowanego rzędu, a następnie przykrywane przy wykorzystaniu obsypnika (kombinacja B) oraz rozprowadzane bezpośrednio po wykonaniu obsypywania w międzyrzędziach (w bruzdach) i pozostawiane bez przykrywania (kombinacje C i D). Cały układ wyposażony był w pompę nawozową, umożliwiającą dawkowanie wraz z wodą roztworu saletry amonowej.

Tabela 1. Charakterystyka warunków klimatycznych okresu wegetacji w Jadwisinie w latach 2010-2012**Table 1.** Characteristic of climate conditions of the vegetation periods in Jadwisin 2010 – 2012

Rok Year	Odchylenie od średniej wieloletniej Deviations from long term average									
	opady w mm i miesiąc rainfalls in mm and month					temperatura powietrza w °C i miesiąc temperature in °C and month				
	V	VI	VII	VIII	IX	V	VI	VII	VIII	IX
2010	110,8	-12,0	22,7	46,3	21,3	-1,2	0,0	1,5	0,4	-2,0
2011	-22,9	-30,2	200,1	-1,9	-30,5	-0,4	1,0	-1,5	-2,4	0,6
2012	-2,6	20,6	13,2	27,2	-21,1	0,3	-0,9	-3,2	-0,3	-0,3

Dawki wody oraz terminy ich stosowania ustalono na podstawie stanu wilgotności gleby, przy wykorzystaniu tensjometrów umieszczonych na każdej z nawadnianych kombinacji. W okresie wegetacji roślin utrzymywano optymalny poziom potencjału wody glebowej, mieszczącego się w zakresie od około -20 do -40 kPa. Do zabiegów nawadniania przystępowano, gdy potencjał wody glebowej spadał poniżej -40 kPa [Haverkort, MacKerron 2000]. Nawożenie mineralne fosforem (w formie superfosfatu potrójnego) i potasem (w formie soli potasowej – 57% K₂O) ustalano każdego roku, na podstawie analizy zawartości tych składników w glebie i ich dawki wynosiły 17-19 kg.ha⁻¹ P oraz 99-116 kg.ha⁻¹ K. Nawozy fosforowo-potasowe stosowano jesienią, bezpośrednio przed wykonaniem orki przedzimowej. Nawożenie organiczne w doświadczeniu stanowiła słoma pszenna oraz poplon ścierniskowy z gorczycy białej.

Ziemniaki średnio wczesniej odmiany Zebra wysadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia, w rozstawie 75 x 33 cm. Na każdą kombinację nawozową składały się 4 powtórzenia polowe, zaś wielkość pojedynczego poletka wynosiła 24,75 m². Zbiór przeprowadzono w II lub III dekadzie września przy użyciu kopaczki przENOŚNIKOWEJ. Podczas zbioru określano wielkość plonu ogólnego bulw z każdego poletka oraz pobierano po dwie 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia struktury plonu bulw, ich wad zewnętrznych (deformacje, zazielenienia, porażenie parchem zwykłym) oraz zawartości skrobi, azotanów, witaminy C i suchej masy. Strukturę plonu oznaczono wagowo na podstawie procentowego udziału bulw w plonie (frakcje poniżej 3,5 cm; od 3,5 do 5,0 cm; od 5,0 do 6,0 cm i powyżej 6,0 cm). Oceny udziału wad zewnętrznych w plonie określono w procentach wagowych. Odrzucając bulwy drobne (o średnicy poniżej 3,5 cm) oraz bulwy z wadami zewnętrznymi, określono plon handlowy bulw. Zawartość z każdego poletka skrobi oznaczono metodą hydrostatyczną na podstawie pomiaru gęstości bulw ważonych w powietrzu i pod wodą, posługując się wagą elektroniczną. Analizę zawartości azotanów (NO₃⁻) wykonywano refleksyjnie przy użyciu urządzenia RQ Flex Merck. Zawartość witaminy C określono jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą

Tillmansa, za pomocą miareczkowania roztworem 2,6-dwuchlorofenoloindofenolu, a procentową zawartość suchej masy oznaczono metodą wagową. Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

W badaniach uzyskano istotnie większy ogólny i handlowy plon bulw stosując nawadnianie kropłowe w połączeniu z fertygacją azotem roślin ziemniaka, przy wykorzystaniu przewodów nawodnieniowych rozprowadzonych na rzędach (kombinacja B) i w każdym międzyrzędziu (kombinacja C), w porównaniu do pozostałych kombinacji (A i D). Plon bulw otrzymany na kombinacji z lokalizacją przewodów w co drugim międzyrzędziu i podwojeniem dawki wody (kombinacja D) był wyższy, ale różnica była nieistotna w porównaniu do kontroli, bez nawadniania i fertygacji (kombinacja A). Dodatni efekt w plonie ogólnym i handlowym pomiędzy kombinacją B i kontrolą (kombinacja A) stanowił odpowiednio 5,5 i 6,1 t.ha⁻¹, co stanowiło 14,4 i 21,9%, natomiast plon bulw uzyskany na kombinacji C był mniejszy tylko o 2,6% dla plonu ogólnego i o 4,6% w odniesieniu do handlowego, w stosunku do uzyskanego na kombinacji B (tab. 2). Na podstawie analizy plonu bulw uzyskanego w obrębie założonych w badaniach sposobów rozmieszczenia linii kroplujących wynika, że dotychczas zalecany na plantacjach ziemniaków montaż przewodów kroplujących powierzchniowo na rzędach roślin można zmodyfikować, umieszczając je na powierzchni w każdym z międzyrzędzi. Mniej korzystny wariant stanowiła wersja układania przewodów kroplujących w międzyrzędziach z założeniem nawadniania i fertygacji dwóch rzędów jedną linią, nawet w przypadku podwojenia dawki wody. Podstawowym jednak mankamentem przeprowadzonych badań stanowiły lata, w których prowadzono nawodnienia tylko w ograniczonym zakresie (2010 i 2011) lub nie zachodziła potrzeba wykonania tego zabiegu (2012), co nie pozwoliło na w pełni obiektywną ocenę efektów stosowania zabiegu. W takich warunkach uzyskane efekty nawadniania w odniesieniu do plonu bulw były niższe od spotykanych w literaturze [Chmura i in. 2006, Mazurczyk i in. 2006, Rębarz, Borówczak 2006, Trawczyński 2009], a uzyskany przyrost plonu bulw wynikał głównie ze stosowania fertygacji azotem. Wiadomo bowiem, że efekt stosowania dodatkowych zabiegów nawadniających plantacji ziemniaków, niezależnie od rodzaju użytego systemu szczególnie wzrasta przy dłuższym braku opadów naturalnych [Chotkowski 2012; Gładysiak, Borówczak 1996], co nie zawsze miało miejsce w prowadzonych badaniach. Niemniej jednak pozwoliło w ograniczonym zakresie ocenić to ważne z praktycznego punktu widzenia zagadnienie techniczne.

Ograniczenie stresów wodnych w roślinie prowadzi w rezultacie nie tylko do wzrostu plonu, ale i do poprawy jego jakości [Głuska 2000]. W badaniach wykazano, że sposoby rozmieszczenia linii kroplujących i prowadzenie nawadniania z fertygacją miały istotny wpływ na wielkość uzyskanych bulw w plonie, udział bulw z wadami w strukturze plonu oraz ich skład chemiczny.

Tabela 2. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na plon bulw ziemniaka ($t \cdot ha^{-1}$)
Table 2. The influence years and fertilizer objects on the yield of potato tubers ($t \cdot ha^{-1}$)

Plon bulw Tubers yield	Lata Years	Kombinacje Objects				Średnio Mean
		A	B	C	D	
Ogólny Total	2010	29,2	36,7	34,5	29,2	32,4
	2011	30,3	36,4	36,1	33,9	34,2
	2012	55,4	58,3	57,4	57,5	57,1
Średnio / Mean		38,3	43,8	42,7	40,2	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2,1				1,6
Handlowy Commercial	2010	18,8	26,5	23,4	18,8	21,9
	2011	22,8	28,7	27,0	26,7	26,3
	2012	41,9	46,5	46,6	46,2	45,3
Średnio / Mean		27,8	33,9	32,4	30,5	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2,5				1,9

Korzystne oddziaływanie zabiegów nawadniających przejawiało się wzrostem w plonie udziału bulw dużych, o średnicy przekraczającej 6,0 cm (tab. 3). Ich udział w plonie na kontroli (A) stanowił średnio 16,1%, a w warunkach nawadniania i fertygacji był większy od 4 (kombinacja C) do 5% (kombinacja B). Na kombinacji D udział bulw tej frakcji nie różnił się istotnie w porównaniu z kontrolą (tab. 3). Lata badań z kolei istotnie zróżnicowały udział wszystkich frakcji bulw w plonie. W latach 2010 i 2011 zanotowano większy w nim udział bulw mniejszych (o średnicy do 3,5 cm i 3,5 – 5,0 cm), natomiast w roku 2012 większy udział bulw o średnicy 5,0 – 6,0 cm i powyżej 6 cm (tab. 3). Wzrost udziału bulw dużych w plonie (średnica powyżej 6,0 cm) od 10 do 15% na kombinacjach nawadnianych metodą kropłową w połączeniu z fertygacją, w porównaniu do kombinacji nienawadnianych wykazała również Zarzyńska [2006]. W badaniach Rębarz i Borówcza [2006] zwiększenie dawek azotu w warunkach deszczowania spowodowało spadek udziału w plonie frakcji bulw o średnicy poniżej 3 cm, 3-4 cm i 4-6 cm oraz zwiększyło udział frakcji powyżej 6 cm. Również Głuska [1996] stwierdziła, że nawadnianie zwiększa plon całkowity, a przyrost ten odbywa się poprzez zwiększenie udziału frakcji bulw dużych w plonie.

Tabela 3. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na strukturę plonu bulw (% wagowe)**Table 3.** The influence fertilizer objects on tubers yield structure (% by weight)

Fracje bulw (mm) Tubers fraction (mm)	Lata Years	Kombinacje Objects				Średnio Mean
		A	B	C	D	
>3,5	2010	10,9	10,4	11,0	10,9	10,8
	2011	8,4	8,5	7,6	4,9	7,4
	2012	7,5	4,4	3,7	2,9	4,6
Średnio / Mean		8,9	7,8	7,4	6,2	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				2,5
3,5-5,0	2010	49,8	46,1	52,6	49,8	49,6
	2011	50,5	47,9	40,1	49,1	46,9
	2012	33,7	31,2	42,4	27,4	33,7
Średnio / Mean		44,7	41,7	45,0	42,1	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				5,1
5,0-6,0	2010	27,8	31,7	27,0	27,8	28,6
	2011	29,7	21,2	28,9	30,6	27,6
	2012	33,3	34,6	25,9	41,7	33,9
Średnio / Mean		30,3	29,2	27,3	33,3	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				5,1
<6,0	2010	11,3	11,6	9,3	11,3	10,9
	2011	10,6	22,2	23,1	15,3	17,8
	2012	26,2	29,5	27,8	27,8	27,8
Średnio / Mean		16,1	21,1	20,1	18,1	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		3,7				2,9

Zmienne warunki w okresie wegetacji roślin ziemniaka, a szczególnie nierównomierny rozkład opadów mogą być przyczyną zaburzeń wzrostu i rozwoju bulw. Susza w okresie tworzenia się bulw objawiać się może między innymi rozwojem parcha zwykłego na bulwach, natomiast występująca w okresie potuberyzacyjnym na przemian z wysokimi opadami, spowodować może wzrost udziału w plonie bulw zdeformowanych. Z kolei przesuszenie redlin po wcześniejszym dużym uwilgotnieniu gleby, powodować może ich spękanie i zieleńienie bulw [Goffart i in., 1996; Szutkowska 1998; Głuska 2000]. Znalazło to potwierdzenie w wynikach badań uzyskanych w poszczególnych latach, w których stwierdzono istotne różnice w stosunku do wszystkich wymienionych wad dotyczących wyglądu zewnętrznego bulw (tab. 4). Natomiast oceniając wady wyglądu zewnętrznego bulw w odniesieniu do poszczególnych kombinacji stwierdzono nieznaczny wpływ nawadniania na te cechy jakości bulw, z wyjątkiem parcha zwykłego. W warunkach przeprowadzonych badań, najmniejsze porażenie bulw parchem zwykłym, jak i najmniejszy udział wszystkich analizowanych wad zewnętrznych w plonie stwierdzono na kombinacji B. Jednak zróżnicowanie udziału wszystkich wad zewnętrznych w plonie, w odniesieniu do badanych kombinacji było niewielkie i stanowiło około 2 – 4% (tab. 4).

Tabela 4. Wpływ lat badań i kombinacji na udział w plonie bulw z wadami zewnętrznymi (% wagowe)
Table 4. The influence of years and objects on the share in yield of tubers with outside faults (% by weight)

Cecha Feature	Lata Years	Kombinacje Objects				Średnio Mean
		A	B	C	D	
Deformacje Deformations	2010	13,8	10,8	10,3	13,8	12,2
	2011	1,1	6,4	1,2	0,0	2,2
	2012	5,4	5,4	5,3	4,7	5,2
Średnio / Mean		6,8	7,5	5,6	6,1	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				1,3
Zazielenienia Greens	2010	2,1	1,7	1,1	2,1	1,8
	2011	6,9	5,4	4,4	3,8	5,1
	2012	9,8	10,3	8,6	11,3	10,0
Średnio / Mean		6,3	5,8	4,7	5,8	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				1,2
Parch zwykły Common scab	2010	8,8	4,7	9,4	8,8	8,0
	2011	8,0	0,7	11,8	12,6	8,3
	2012	1,2	0,0	1,0	0,6	0,7
Średnio / Mean		6,0	1,8	7,4	7,3	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		2,0				0,8
Suma wad Faults sum	2010	24,8	17,4	20,9	24,8	22,0
	2011	16,1	12,7	17,5	16,5	15,7
	2012	16,6	15,8	15,0	16,6	16,0
Średnio / Mean		19,2	15,3	17,8	19,3	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		3,0				2,3

Niekorzystne zmiany uwilgotnienia gleby mogą także wpływać na zmiany składu chemicznego bulw, co wcześniej stwierdzili inni autorzy [Głuska 2000, MacKerron 1990, Lis 1996]. Zawartości skrobi, azotanów i witaminy C w świeżej masie oraz suchej masy w bulwach były istotnie zróżnicowane w latach badań. Największą zawartość tych składników, z wyjątkiem witaminy C, uzyskano w 2012 roku. Zawartości tych składników zróżnicowane były również w obrębie poszczególnych kombinacji (tab. 5). Tylko na kombinacji B wykazano istotnie większą zawartość skrobi w bulwach w porównaniu do kontroli (kombinacja A), natomiast na kombinacjach C i D nie różniła się ona istotnie (tab. 5).

Wielu autorów na podstawie swoich badań na ogół stwierdziło obniżenie zawartości skrobi w bulwach pod wpływem nawadniania [Grześkiewicz, Wierzejska 1980, Głuska 2000, MacKerron 1990, Pińska i in. 2009, Rębarz, Borówczak 2006, Rzekanowski i in. 2004]. Jednak nawadnianie zastosowane we właściwym okresie wegetacji może też zapobiec obniżeniu zawartości tego składnika [Dmowski 2003, Trawczyński 2009, Wojdyła i in. 2009, Zarzyńska 2006]. Z kolei zawartość azotanów w bulwach była ogólnie bardzo niska, zarówno na kombinacjach nawadnianych jak i na kontroli. Istotnie najmniejszą

zawartość azotanów w bulwach uzyskano na kombinacji B, co było zgodne było z doniesieniami literaturowymi [Rębarz i Borówczaka 2006; Trawczyński 2009]. W badaniach wykazano ponadto większą zawartość witaminy C w bulwach na kombinacjach nawadnianych w połączeniu z fertygacją niż na kontroli (tab. 5), co stwierdziła w badaniach Pińska i in. [2009]. Natomiast zawartość suchej masy w bulwach kształtowała się podobnie na kombinacjach nawadnianych z fertygacją (B, C, D) i na kontroli. Podobne efekty uzyskali Gunel i Karadogan [1998], Nadler i Heuer [1995] oraz Pęksa [1991].

Tabela 5. Wpływ lat badań i kombinacji nawozowych na skład chemiczny bulw
Table 5. The influence of years and fertilizer objects on the chemical composition of tubers

Składnik Component	Lata Years	Kombinacje Objects				Średnio Mean
		A	B	C	D	
Skrobia% Starch%	2010	10,6	11,5	10,7	10,6	10,8
	2011	11,6	11,4	11,5	11,6	11,5
	2012	13,7	14,2	13,9	13,5	13,8
Średnio / Mean		11,9	12,4	12,1	11,9	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		0,4				0,3
Azotany (NO ₃) mg·kg ⁻¹ św. masy Nitrates (NO ₃) mg·kg ⁻¹ fresh mass	2010	12,0	9,0	9,0	12,0	10,5
	2011	12,0	5,0	5,0	5,0	6,7
	2012	31,0	25,0	36,0	40,0	33,0
Średnio / Mean		18,3	13,0	16,6	19,0	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		3,4				2,7
Witamina C mg·kg ⁻¹ św. masy Vitamin C mg·kg ⁻¹ fresh mass	2010	279,0	279,0	282,0	282,0	280,0
	2011	145,0	156,0	152,0	152,0	151,0
	2012	169,0	196,0	183,0	183,0	182,0
Średnio / Mean		197,7	210,3	205,7	205,7	204,3
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		4,0				3,0
Sucha masa% Dry matter%	2010	20,1	20,1	20,3	20,1	20,1
	2011	20,4	20,2	20,8	20,9	20,5
	2012	21,5	22,0	20,9	20,9	21,3
Średnio / Mean		20,6	20,8	20,6	20,6	
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}		r.n. n.s.				0,2

Należy podkreślić, że rozpatrywanie tego typu zagadnień technicznych związanych z prowadzeniem kropłowego sposobu nawadniania plantacji ziemniaków ma ogromne znaczenie dla praktyki rolniczej poszukującej wciąż nowych rozwiązań umożliwiających minimalizację wysokich kosztów i nakładów związanych z wprowadzeniem tego systemu [Nowacki 2006]. W przeprowadzonych badaniach pozytywny aspekt w odniesieniu do ponoszonych nakładów na montaż systemu stanowiła możliwość umieszczenia linii kroplujących pomiędzy

rzędami roślin ziemniaka, a nie na rzędach, co nie wiązało się z koniecznością rozkładania ich podczas sadzenia czy przed wschodami roślin i przykrywania, ale dopiero w sytuacji wystąpienia potrzeby przeprowadzenia zabiegu w okresie wegetacji.

WNIOSKI

1. Umieszczając przewody podpowierzchniowo na rzędach roślin i stosując nawadnianie kropłowe w połączeniu z fertygacją azotem uzyskano większy o 14,4% ogólny i o 21,9% handlowy plon bulw ziemniaków w porównaniu do kontroli (bez nawadniania i fertygacji).

2. Stwierdzono, że wielkość uzyskanego plonu bulw nie różniła się istotnie pomiędzy kombinacją gdzie linie kroplujące rozprowadzono podpowierzchniowo na rzędach roślin, w stosunku do kombinacji na której linie kroplujące usytuowano na powierzchni w każdym międzyrzędziu.

3. Po zastosowaniu nawadniania kropłowego w połączeniu z fertygacją uzyskano od 2 do 5% większy udział frakcji bulw dużych w plonie (powyżej 6 cm) i mniejszy udział bulw porażonych parchem zwykłym (tylko na kombinacji B) w porównaniu do kontroli.

4. Na kombinacji z liniami rozprowadzonymi na rzędach roślin stwierdzono większą zawartość skrobi i witaminy C oraz mniejszą zawartość azotanów w bulwach w stosunku do pozostałych kombinacji.

BIBLIOGRAFIA

- Chmura K., Dmowski Z., Nowak L. *Znaczenie nawadniania w produkcji roślinnej*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 10-18.
- Chotkowski J. *Nawadnianie ziemniaków*. Produkcja i rynek ziemniaka. Wyd. Wieś Jutra 2012, s. 205-214.
- Dmowski Z., Nowak L., Chmura K. *Reakcja wybranych odmian ziemniaka na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe*. [W] Znaczenie odmiany w agrotechnice i przechowywalności ziemniaka. Konf. naukowo-techniczna, Jadwisin 26-27 marca 2003. IHAR Oddział Jadwisin, s. 50.
- Dzięzyk J., Nowak L., Panek K. *Metoda sterowania deszczowaniem uwzględniająca potrzeby opadowe roślin uprawnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 314, 1987, s. 137-148.
- Gładysiak S., Boróweczak F. *Wpływ pogody, deszczowania i nawożenia azotowego na plon ziemniaków w wieloletnich doświadczeniach w warunkach Wielkopolski*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 438, 1996, s. 53-60.
- Głuska A. *Agrotechnika ziemniaka na plantacjach nawadnianych*. Instrukcja wdrożeniowa nr 1/96. IZ Bonin 1996, ss. 40.
- Głuska A. *Nawadnianie jako czynnik kształtujący jakość plonu ziemniaków*. Biul. IHAR nr 231, 2000, s. 179-184.

- Goffart J., Collin J., Ryckmans D. *Control of common scab of potato tubers by irrigation and secondary effects on the crop in Belgium Loam soils*. Abstr. 13th EAPR Conf. Veldhoven. 1996, s. 255-256.
- Grześkiewicz H., Wierzejska A. *Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na plon i niektóre cechy jakości ziemniaków*. Biul. Inst. Ziem. 25, 1980, s. 77-93.
- Gunel E., Karadogan T. *Effekt of irrigation applied at different growth atages and length of irrigation period on guality characters of potato tubers*. Potato Res., 41(1), 1998, s. 9-19.
- Haverkort A. J., MacKerron D. K. L. *Management of nitrogen and water in potato production*. Wageningen. Pres. 2000, ss. 353.
- Jeznach J. *Aktualne trendy w rozwoju mikronawodnień*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2009, s. 83-94.
- Lis B. *Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 440, 1996, s. 217-221.
- Łuszczuk K. *Systemy nawadniania ziemniaków*. Ziem. Pol. nr 2 2004, s. 16-19.
- Łuszczuk K. *Nakłady na nawadnianie plantacji roślin towarowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2009, s. 303-315.
- MacKerron D. K. L. *Timing of irrigation in relation to yield and quality of potatoes*. Irrigating Potatoes-UKIA Technical Monograph 2, 1990, s. 54-60.
- Mazurczyk W., Głuska A., Trawczyński C., Nowacki W., Zarzyńska K. *Optymalizacja nawadniania plantacji ziemniaka (FertOrgaNic) za pomocą metody kropłowej oraz systemu DSS*. Rocz. AR Pozn. CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 235-241.
- Nadler A., Heuer B. *Effect of saline irrigation and water deficit on tuber guality*. Potato Res., 38(2), 1995, s. 393-400.
- Nowacki W. *Technologiczno-ekonomiczna efektywność stosowania systemu kropłującego w uprawie ziemniaka*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 39-45.
- Nowacki W. *Nawadnianie plantacji ziemniaka w różnych systemach produkcji*. IHAR – PIB Oddział Jadwisin 2010, ss. 56.
- Pęksa A. *Wpływ nawożenia azotem i nawadniania na skład chemiczny bulw i jakość otrzymanych z nich chipsów*. Zesz. Nauk. AR Wroc. Ser. Technol. Żyw., 7(244), 1991, s. 9-28.
- Pińska M., Wojdyła T., Rolbiecki S., Rzekanowski Cz., Rolbiecki R., *Wpływ nawadniania uzupełniającego i nawożenia azotem na jakość wczesnych odmian ziemniaka*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2009, s. 245-256.
- Rębarz K., Borówczak F. *Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na jakość ziemniaków odmiany Bila*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 511, 2006, s. 287-299.
- Rębarz K., Borówczak F. *Wpływ deszczowania, technologii uprawy i nawożenia azotowego na wielkość bulw, plon handlowy i występowanie strat w czasie przechowywania ziemniaków*. Rocz. AR Pozn. CCCLXXX Rolnictwo 66, 2006, s. 305-313.
- Rzekanowski Cz., Wojdyła T., Rolbiecki S., Rolbiecki R., Grzelak B., Pińska M. *Wpływ nawadniania deszczownianego i nawożenia azotem na plon oraz wartość technologiczną i przechowalniczą ziemniaka odmiany Drop*. Rocz. AR Poznań 25, 2004, s. 535-540.
- Szutkowska M. *Porażanie się bulw ziemniaka parchem zwykłym zależnie od warunków wilgotnościowo-termicznych i składu granulometrycznego gleby*. Fragm. Agronom. 2 (58), 1998, s. 106-119.
- Trawczyński C. *Precyzyjne nawadnianie i nawożenie ziemniaka w oparciu o program DSS (Decision Support System)*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 23-30.
- Trawczyński C. *Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2009, s. 55-67.

- Trawczyński C. *Woda i składniki odżywcze w jednej kropelce*. Top agrar Polska, 6, 2010, 106-109.
- Wojdyła T., Pińska M., Rolbiecki S., Rolbiecki R. *Wpływ mikronawodnień na zawartość skrobi i cukrów w bulwach wybranych odmian ziemniaków po zbiorach i przechowywaniu*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2009, s. 293-302.
- Zarzyńska K. *Wpływ precyzyjnej fertygacji na rozwój roślin, plon i jakość bulw ziemniaka*. Mat. Seminarium „Nowoczesne nawożenie i nawadnianie ziemniaka uwzględniające ochronę środowiska oraz jakość plonu bulw”. IHAR Oddział Jadwisin, Warszawa 2006, s. 31-38.

Dr Cezary Trawczyński
Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin-PIB
Oddział Jadwisin, ul. Szaniawskiego 15,
05-140 Serock
tel. 022 782 66 20
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

