Postępy Nauk Rolniczych nr 1/96

Czesław Rzekanowski, Franciszek Rudnicki
Katedra Melioracji i Agrometeorologii
i Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin ATR w Bydgoszczy

Zależność plonów buraka cukrowego uprawianego na glebach lekkich od warunków pluwiotermicznych i nawożenia azotem

Wstęp

Ilość i rozkład opadów w okresie wegetacji jest w warunkach klimatycznych naszego kraju czynnikiem limitującym plony buraka cukrowego. Znaczenie opadów jest tym większe, im mniejszą retencję wody użytecznej wykazuje gleba [2, 4, 5]. Stąd też niezbędne ilości opadów dla buraka w okresie od kwietnia do września mieszczą się w szerokim przedziale 230–530 mm, zależnie od gleby, regionu, agrotechniki i temperatury [1, 3, 5, 8].

Burak cukrowy ma duże wymagania glebowe i pokarmowe. Dlatego uprawiany bywa zwykle na glebach kompleksów pszennych i najlepszych żytnich. Wysokie plony są możliwe jednak także na glebach lekkich, a nawet bardzo lekkich [4, 6, 9, 11]. W takich warunkach ilość opadów lub uzupełniające deszczowanie oraz zaopatrzenie roślin w składniki pokarmowe mają zasadnicze znaczenie [3, 4, 6, 11]. Nawadnianie i nawożenie są zabiegami kosztownymi. Toteż jawi się pytanie, jak powininny kształtować się te czynniki, by możliwe było uzyskanie efektów produkcyjnych uzasadniających uprawę buraka na glebach z natury dla nich nieodpowiednich? Podejmując w niniejszej pracy to zagadnienie, upatrywano możliwość uzyskania przesłanek do podejmowania decyzji co do uprawy buraka cukrowego na glebach lekkich i określenia związanego z tym ryzyka i efektów ekonomicznych.

Metodyka badań

W latach 1986–1993 przeprowadzono 8 doświadczeń polowych w Kruszynie Krajeńskim k. Bydgoszczy. Realizowano je na glebie kompleksu żytniego słabego i bardzo słabego. Szczegółową charakterystykę warunków glebowych, meteorologicznych (do 1990 roku) oraz stosowaną agrotechnikę podano we wcześniejszej publikacji [9].

Czynnikami doświadczalnymi były:

I. Warunki wodne:
   a) naturalna ilość opadów,
   b) uzupełniające deszczowanie.

II. Nawożenie azotem: 90, 120, 150, 180 kg N/ha (1986—90)
   oraz 90 i 150 kg N/ha (1991—93).

Warunki meteorologiczne w latach badań znacznie się różniły. W okresie od kwietnia do września sumy temperatur wynosiły od 2328°C w 1987 roku do 3039°C w 1992 roku, sumy opadów zaś od 135 mm w 1989 roku do 351 mm w 1993 roku. Nawadnianiem deszczownianym, w ilości 70–295 mm wody w sezonie, uzupełniano na obiektach nawadnianych opady naturalne. W ten sposób warunki wodno-termiczne były silnie zróżnicowane. Sumaryczne ilości wody mieściły się między 135 mm a 541 mm w okresie wegetacji buraka, zaś współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa wahał się od 0,46 do 2,17.

Nawadnianie prowadzono przy użyciu deszczowni szpulowej GR1, wyposażonej w zraszacze typu Naan. Dawki i terminy ustalano zależnie od przebiegu warunków pogodowych i fazy rozwojowej roślin, według metody tensjometrycznej i na podstawie pomiaru wilgotności gleby.

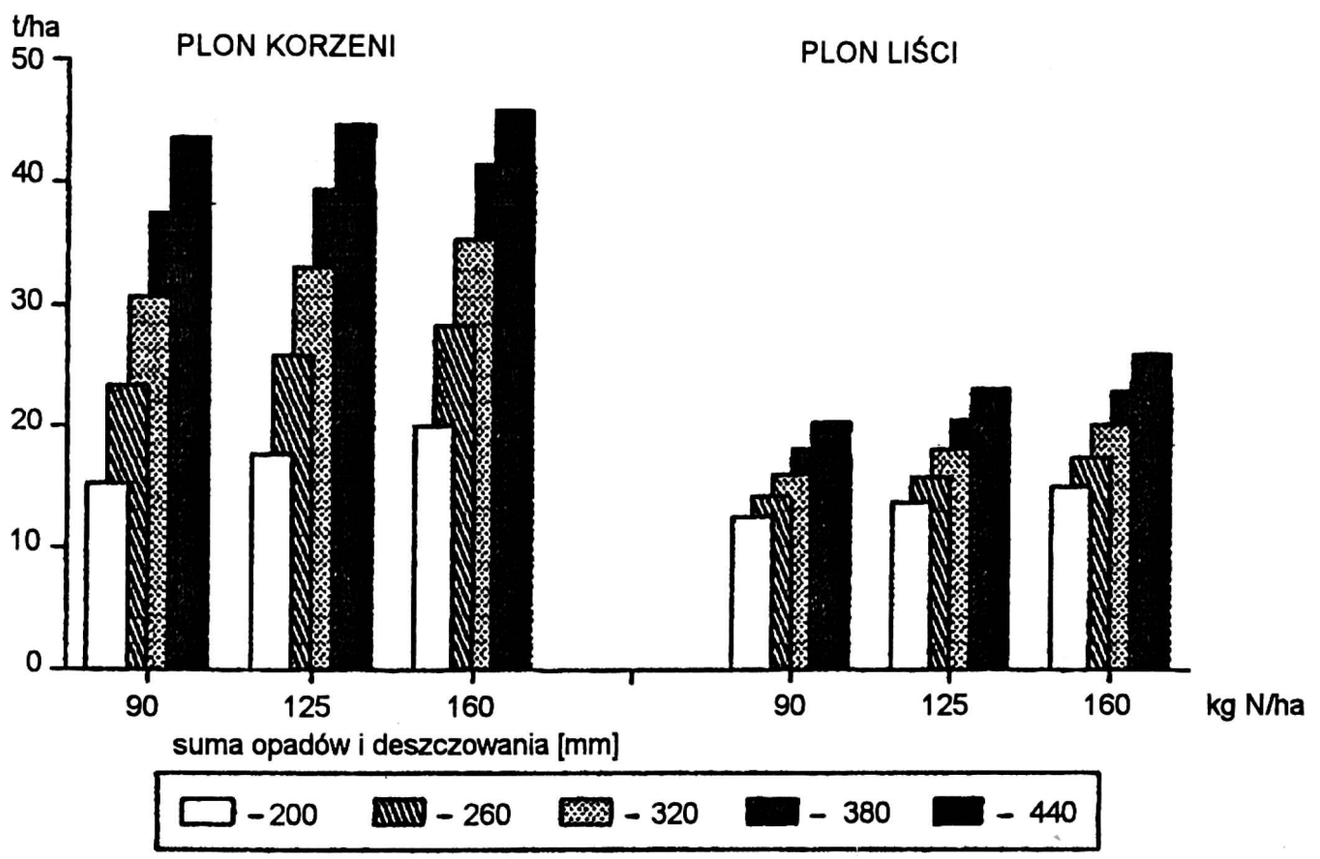
Duża zmienność warunków hydrotermicznych, powiązanych z poziomami nawożenia azotem, pozwoliła na poszukiwanie zależności plonów buraka cukrowego od tych czynników. Wobec dostatecznej łącznej liczby obserwacji [52] w opracowaniu wyników zastosowano analizę regresji wielokrotnej wielomianowej drugiego stopnia ze współdziałaniami zmiennych niezależnych i eliminacją wyrazów równania przy P = 0,05. Wykonano dwa rodzaje analiz. W pierwszej zmiennymi niezależnymi były: suma łączna opadu naturalnego i z deszczowania oraz poziom nawożenia azotem, a zmiennymi zależnymi kolejno badane cechy buraka. W drugiej analogicznie badano zależność plonów buraka od sumy opadu naturalnego oraz od dawki wody z deszczowni. Taki sposób analiz pozwolił określić m.in. efekty dawek nawożenia azotem przy różnej ilości opadów łącznych oraz efekty deszczowania zależnie od ilości opadów naturalnych. Wszystkie oszacowane równaniami regresji plony i inne cechy buraka, prezentowane w pracy, wykazały wysoko istotne zależności od zmiennych niezależnych.

Wyniki

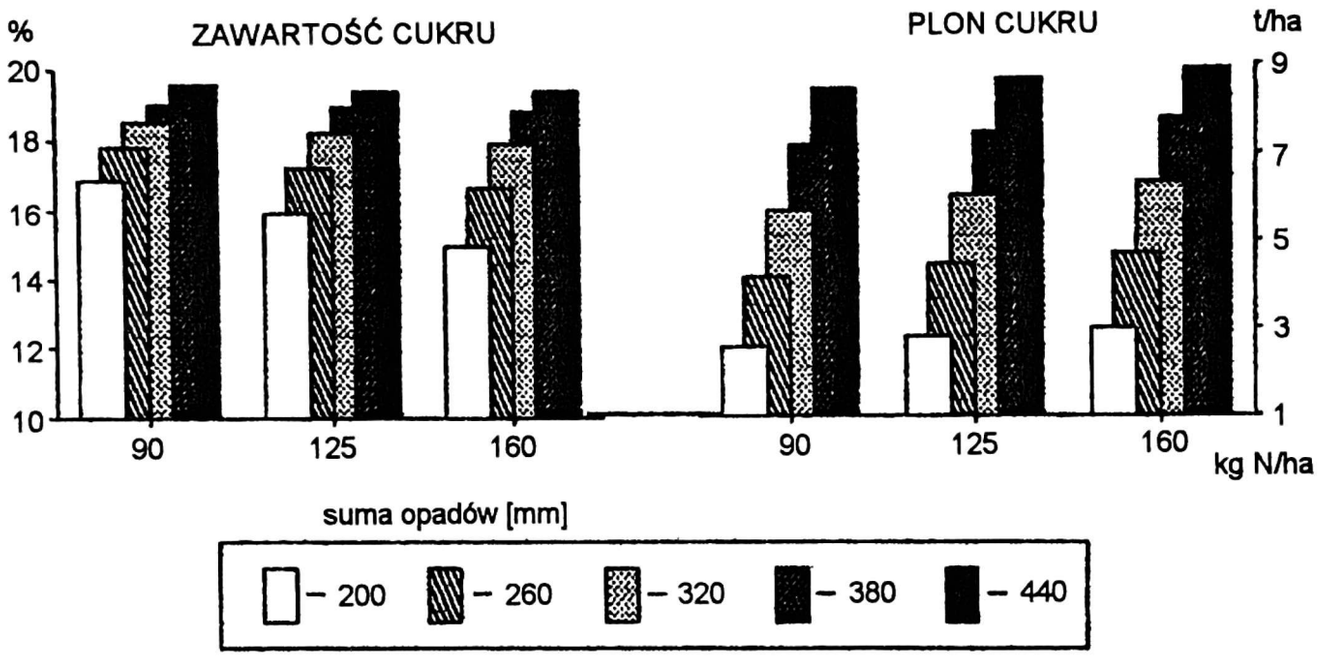
W warunkach gleby lekkiej i bardzo lekkiej, o słabej retencji wodnej, ilość dostarczanej wody z opadu naturalnego i z deszczowni miała decydujące znaczenie dla buraka cukrowego. Plony jego korzeni były aż w 75% (R = 0,87) zdeterminowane tym czynnikiem. Wraz z ilością opadów (IV–IX) do ponad 500 mm zwiększały się plony zarówno korzeni, jak i liści oraz cukru (tab. 1). Gdy ilość wody była większa

Tabela 1. Zależność niektórych cech buraka cukrowego od sumy opadów i deszczowania

Suma opadów [mm]	Plon [t/ha]			Zawartość cukru [%]	Masa 1 korzenia [g]	Obsada roślin [tys. szt./ha]
	korzenie	liście	cukier			
150	10,1	11,7	1,45	14,4	211	47,7
200	16,6	13,8	2,56	15,5	250	66,2
250	23,6	15,8	3,93	16,6	337	70,1
300	30,8	17,9	5,45	17,7	448	68,7
350	37,4	20,0	6,97	18,6	558	67,0
400	42,9	22,1	8,28	19,3	641	66,9
450	46,7	24,2	9,15	19,6	672	69,6
500	48,4	26,3	9,37	19,4	626	77,3
Współczynnik korelacji	0,87	0,65	0,78	0,64	0,82	0,51



Rysunek 1. Plony buraka cukrowego (t/ha) w zależności od ilości opadów i nawożenia azotem



Rysunek 2. Zawartość i plon cukru w zależności od sumy opadów i nawożenia azotem

2,5-krotnie (od 200 do 500 mm), to plon korzeni wzrastał 3-krotnie, liści 2-krotnie, a cukru 3,5-krotnie.

Na tle silnej reakcji plonów buraka na czynnik wodny efekty nawożenia azotem dawką powyżej 90 kg N/ha były niewielkie (rys. 1). Istotny jednak okazał się interakcyjny wpływ tych czynników na plony. Toteż największe plony stwierdzono przy obfitych opadach i jednocześnie wysokim nawożeniu azotem (rys. 1 i 2). Inaczej natomiast kształtowała się współzależna efektywność tych czynników. W warunkach umiarkowanie posusznych (200–260 mm opadów) zwiększanie dawki nawożenia wyraźnie sprzyjało plonowaniu buraka, natomiast gdy ilość opadów przekraczała 300 mm, to plonotwórcze znaczenie obfitszego nawożenia azotem wyraźnie się zmniejszało (rys. 1 i 2, tab. 2). Na przykład przy sumie 200 mm opadów i nawożeniu 160 kg N/ha wyliczony plon korzeni był większy o 31,6%, a cukru o 16,7%, niż przy tej samej ilości opadów, ale dawce 90 kg N/ha. Gdy natomiast ilość opadów wynosiła 440 mm, to analogiczne różnice wyniosły tylko 5,4% i 5,3%. Wynik taki może mieć związek z silniejszym wypłukiwaniem azotu z gleby lekkiej, czyli mniejszą efektywnością nawożenia. Na słuszność takiej hipotezy wskazuje kształtowanie się zawartości azotu ogólnego w korzeniach buraka (tab. 7). Otóż przy mniejszej ilości opadów zawartość azotu zwiększa się wraz ze zwiększaniem dawki nawozu, natomiast przy obfitych opadach, przy wszystkich dawkach nawożenia, utrzymuje się na zbliżonym poziomie. Silniejsze działanie nawożenia w latach suchych niż wilgotnych stwierdzili na glebie lekkiej także Trybała i Kaszycka [11].

Wraz z większą sumą wody dostarczanej roślinom malała jej jednostkowa efektywność, co jest znaną prawidłowością. Okazało się natomiast, że parametr ten podlegał tym silniejszej redukcji, im wyższy był poziom nawożenia azotem (tab. 3).

Tabela 2. Efektywność nawożenia azotem w przedziale 90–160 kg N/ha, w zależności od ilości opadów (kg plonu/1 kg N/ha)

Suma opadów [mm]	Rodzaj plonu		
	korzenie	liście	cukier
200	68,7	36,6	6,14
260	72,0	47,6	8,00
320	67,1	58,6	9,29
380	54,3	69,4	9,00
440	33,6	80,4	6,43

Tabela 3. Efektywność opadów przy różnym nawożeniu azotem (kg plonu/mm opadu)

Przedział sumy opadów [mm]	Korzenie			Cukier		
	nawożenie [kg N/ha]					
	90	125	160	90	125	160
200–260	136	138	140	26,7	27,5	28,8
260–320	124	121	118	25,8	26,5	27,3
320–380	112	105	97	24,0	23,8	23,7
380–440	100	88	76	21,3	19,8	18,3

Tabela 4. Plony korzeni (t/ha) buraka cukrowego w zależności od sumy opadów i dawki wody z deszczowni

Średnia temperatura [°C]	Suma opadów [mm]	Dawka wody z deszczowni [mm]					
		0	50	100	150	200	250
16,0	150	17,5	25,7	32,4	37,6	41,3	43,5
15,3	200	25,3	33,1	39,4	44,2	47,5	49,3
14,6	250	30,0	37,4	43,4	47,8	50,7	—
13,9	300	31,7	38,7	44,3	48,3	—	—
13,2	350	30,4	37,0	42,1	—	—	—

Tabela 5. Zawartość cukru w korzeniach (%) w zależności od sumy opadów i dawki wody z deszczowni

Średnia temperatura [°C]	Suma opadów [mm]	Dawka wody z deszczowni [mm]					
		0	50	100	150	200	250
16,0	150	15,6	16,6	17,7	18,2	18,2	17,6
15,3	200	17,4	18,5	19,1	19,1	18,6	17,5
14,6	250	18,6	19,5	19,9	19,8	19,1	—
13,9	300	18,6	19,6	20,2	20,3	—	—
13,2	350	17,2	18,8	20,0	—	—	—

Zarysowała się więc prawidłowość, że przy umiarkowanym niedoborze jednego z czynników większa była plonotwórcza rola drugiego z nich i odwrotnie.

W warunkach gleby lekkiej ujawniło się wyraźnie znaczenie nawadniania buraka. Bez tego zabiegu plon korzeni w latach posusznych nie przekraczał 18 t/ha i dochodził do około 30 t/ha przy obfitszych opadach (tab. 4). Ta wielkość plonu, nawet przy względnie dużych ilościach opadów naturalnych, wiąże się z nierównomiernym ich rozkładem w długim okresie wegetacji buraka. Toteż uzupełnienie opadów naturalnych deszczowaniem w okresach posusznych na glebach o bardzo słabej retencji wodnej wykazało wysoką efektywność produkcyjną. Już mała dawka wody z deszczowni (50 mm) powodowała zwiększenie plonu korzeni o 47–30% w latach ciepłych i posusznych i o 21% przy obfitszych opadach naturalnych. Te efekty były jeszcze większe w plonach cukru, bowiem wyniosły odpowiednio 63–39% i 33%. W warunkach posusznych większe dawki wody z deszczowni pozwalały zwiększyć plony cukru nawet 2–3-krotnie (tab. 6).

Deszczowanie buraka wykazało większy na ogół efekt plonotwórczy niż opady naturalne (tab. 4 i 6). Otóż gdy suma opadów naturalnych zwiększała się o 100 mm (od 200 do 300 mm), to plon korzeni wzrastał o 25,3%, natomiast przy 200 mm opadu naturalnego deszczowanie w ilości 100 mm powodowało przyrost plonu o 55,7%. Tak wysokie efekty deszczowania wynikają zapewne ze stosowania tego zabiegu w okresach wyczerpywania się wody dostępnej dla roślin i ujawniają się szczególnie wyraźnie na glebach o małej zdolności do jej zatrzymywania [2, 3, 9, 10].

Dostateczna ilość wody z opadu naturalnego i z deszczowni sprzyjała poprawieniu cech jakościowych plonu. Wraz z większymi ilościami wody dostarczanej roślinom zwiększała się masa korzeni i zawartość w nich cukru, zmniejszała się natomiast zawartość azotu ogólnego (tab. 1, 5, 7, rys. 2). Najwyższy poziom cukru stwierdzono przy dużej (400–450 mm) sumie opadów łącznych albo gdy współczynnik hydrotermiczny Sielianinowa wynosił około 1,8. Jest to wynik wyraźnie odmienny od często stwierdzanego na glebach kompleksów pszennych. Na takich bowiem glebach zawartość cukru na ogół zmniejsza się wraz z ilością opadów [1], ale większym ich ilościom towarzyszy zwykle niższa temperatura i słabsze usłonecznienie [1, 8, 10]. Wcześniej natomiast wykazano korzystny wpływ dostatku opadów na koncentrację cukru w korzeniach buraka, jeśli temperatura okresu wegetacji jest wyższa niż 15°C [8]. Deszczowanie roślin stosuje się w latach i okresach posusznych, a jednocześnie ciepłych, i temu można przypisać korzystny wpływ ilości wody na zawartość cukru.

Uprawa buraka cukrowego na glebach lekkich i bardzo lekkich bez deszczowania jest obarczona dużym ryzykiem. W takich warunkach średni plon korzeni wyniósł 23,9 t/ha, a zmienność plonów w latach 63,1%. Względnie dobre plony uzyskano tylko przy sumie opadów w okresie od kwietnia do września przekraczającej 300 mm. Deszczowanie buraka pozwala uzyskiwać wysokie plony (średnio 41,7 t/ha) i wyraźnie redukuje ich zmienność w latach (15,1%).

Tabela 6. Plon cukru (t/ha) w zależności od sumy opadów i dawki wody z deszczowni

Suma opadów [mm]	Dawka wody z deszczowni [mm]					
	0	50	100	150	200	250
150	2,62	4,27	5,74	6,86	7,52	7,65
200	4,41	6,14	7,52	8,44	8,82	8,62
250	5,59	7,31	8,65	9,46	9,70	—
300	5,88	7,60	8,96	9,81	—	—
350	5,23	6,96	8,41	—	—	—

Tabela 7. Zawartość azotu ogólnego (%) w suchej masie korzeni buraka cukrowego w zależności od sumy opadów i nawożenia azotem

Suma opadów [mm]	Nawożenie [kg N/ha]		
	90	125	160
200	1,25	1,30	1,40
260	1,10	1,13	1,21
320	0,93	0,94	0,99
380	0,79	0,79	0,82
440	0,78	0,75	0,76

Deszczowanie jest jednak zabiegiem kosztownym. Wyliczony przez Rolbieckiego [7] sezonowy koszt deszczowania 1 ha, dla zastosowanej deszczowni i technologii nawadniania, wyniósł 3340 tys. zł (starych). Według cen buraka z 1994 roku (680 tys. zł/tonę) koszt ten pokrywało 5 ton korzeni buraka.

Wnioski

1. Uprawa buraka cukrowego na glebach lekkich oraz w rejonach posusznych nie znajduje uzasadnienia przy braku możliwości jego nawadniania.
2. Na glebach o słabej retencji wodnej plony buraka były w 75% zdeterminowane ilością dostarczanej wody i zwiększały się wraz ze zwiększaniem sumy opadów do około 530 mm.
3. Efektywność produkcyjna deszczowania była wysoka i wyższa niż równoważna suma opadów naturalnych.
4. Zwiększanie nawożenia do 160 kg N/ha sprzyjało lepszemu plonowaniu buraka, ale efekty jednostkowe przy dawce powyżej 90 kg N/ha były małe i tym mniejsze, im większa była suma opadów.
5. Cechy jakościowe plonu buraka poprawiały się wraz ze zwiększaniem ilości wody do około 450 mm opadu naturalnego i z deszczowni.

Literatura

[1] Byszewski W., Wzorek H. 1979. Gospodarka wodna buraków cukrowych. W: Biologia buraka cukrowego. Byszewski W. (red.), PWN Warszawa.
[2] Buniak W. 1993. Nawadnianie – skład chemiczny gleb i ziemiopłodów. W: Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Dzieżyc J. (red.), PWN Warszawa-Wrocław.
[3] Dzieżyc J., Trybała M. 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. *Zesz. Problem. Post. Nauk Roln.* 377: 179–193.
[4] Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski C., Żarski J. 1992. Efekty deszczowania roślin uprawianych na glebach kompleksu żytniego bardzo słabego. *Rocz. Akad. Roln. w Poznaniu, CCXXXIV*: 75–82.
[5] Nowak L. 1986. Wpływ niedoboru i nadmiaru opadów oraz nawadniania na plonowanie roślin okopowych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 268: 127–143.
[6] Nowak L. 1989. Potrzeby wodne roślin okopowych. W: Potrzeby wodne roślin uprawnych. Dzieżyc J. (red.). PWN Warszawa.
[7] Rolbiecki S. 1995: Efekty nawadniania wybranych roślin ogrodniczych na glebie bardzo lekkiej. Rozprawa doktorska, ATR Bydgoszcz.
[8] Rudnicki F., Wasilewski P., Kotwica K. 1993. Wzrost i plonowanie buraka cukrowego w zależności od warunków wodno-termicznych. *Fragm. Agronom.* 2: 63–75.
[9] Rzekanowski C. 1992. Reakcja buraków cukrowych na glebie bardzo lekkiej na nawadnianie deszczowniane i nawożenie azotem. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, Roln.* 32: 91–100.
[10] Spoz-Pać W. 1981. Wpływ warunków pogodowych w okresie wegetacji buraka cukrowego na plon cukru. *Pam. Pul.* 4(74): 123–132.
[11] Trybała M., Kaszycka E. 1992. Wpływ deszczowania i zróżnicowanego nawożenia azotowo-potasowego na plon buraków cukrowych na glebie lekkiej. *Zesz. Nauk. ATR Bydgoszcz, roln.* 32: 59–66.

The dependence of sugar beets yields cultivated on light soil upon pluviothermal conditions and nitrogen fertilization

Summary

Basing on 8 years of research, it was found that sugar beets cultivation on light and very light soil is not justified unless there is a possibility of irrigating the fields. The beetroot yields were determined in 75% by the amount of rainfalls and they increased until the rainfalls exceeded 500 mm in the vegetation period. The effectiveness of spray irrigation appeared to be greater than the equal amount of natural rainfall. The effects of nitrogen fertilization with dose in excess of 90 kg N/ha were low and the larger the amount of rainfall was, the lower the effects. The sufficient amount of water was conducive to improving the quality features of sugar beets.