

## MOŻLIWOŚCI ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA ŚCIEKÓW KROCHMALNICZYCH W POLSCE

WŁADYSŁAW CZYŻYK, JAN KUTERA

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych TOB we Wrocławiu

Na terenie Polski pracuje 20 przemysłowych krochmalni ziemniaczanych i kilkanaście małych zakładów typu gospodarczego. Zrzuty ścieków krochmalniczych wynoszą obecnie 15,2 mln m<sup>3</sup> rocznie, co stanowi 25,8% wszystkich ścieków przemysłu spożywczego w Polsce (11). W najbliższych latach, po uruchomieniu nowych zakładów oraz zwiększeniu produkcji istniejących fabryk, roczny odpływ ścieków będzie wynosił 17 mln m<sup>3</sup> rocznie.

Duża i ciągle wzrastająca ilość ścieków stwarzała dotąd niemożliwe do pokonania trudności w przemyśle ziemniaczanym, który dysponował powierzchnią jedynie około 600 ha pól filtracyjnych, irygacyjnych i nawadnianych, silnie przeciążonych dawkami dochodzącymi nawet do 10 000 mm rocznie. Wykonane przez ten przemysł próby doświadczalne wykazały — jak było do przewidzenia — trudności pełnego sztucznego oczyszczania ścieków oraz wysokie koszty budowy i eksploatacji takich urządzeń.

Obecnie istnieje zgodność poglądów w tej sprawie: za najlepsze i najbardziej uzasadnione uznano oczyszczanie ścieków krochmalniczych przez wykorzystanie ich do nawodnień upraw rolnych i leśnych. Ocenia się, że ściekami przemysłu ziemniaczanego można by nawodnić około 6 tysięcy ha użytków rolnych i leśnych w Polsce (4). Badania terenowe wykazały możliwość rolniczego wykorzystania ścieków prawie wszystkich krochmalni. Przeprowadza się więc obecnie podstawowe uzgodnienia z rolnymi i wodno-melioracyjnymi władzami terenowymi oraz wykonuje się szereg projektów techniczno-roboczych oczyszczania ścieków w połączeniu z rolniczym ich wykorzystaniem.

Już od dawna znany jest fakt, że ścieki są oczyszczane na polach nawadnianych, przy równoczesnych znacznych korzyściach rolniczych. Dotąd jednak zbyt mało mamy opracowanych na podstawie doświadczeń naukowych i sprawdzonych przez praktykę wskaźników co do właściwego pro-

jektowania zabudowy i eksploatacji terenów i urządzeń rolniczego wykorzystania ścieków krochmalniczych. W związku z tym okazało się konieczne przeprowadzenie odpowiednich doświadczeń.

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych TOB Wrocław przy poparciu Zjednoczenia Przemysłu Ziemniaczanego rozpoczął w 1956 r. wstępne badania nad rolniczym wykorzystaniem ścieków krochmalniczych. Badania te nawiązano do badań R h e i n w a l d a (8) i M y s ł a k o w s k i e g o (6), wykonanych na naszych ziemiach w okresie międzywojennym. Początkowo badania przeprowadzano w krochmalni Sokółka i Janikowo, a następnie od 1958 r. przy krochmalni Sokółka w Klimontowie na glebie lekkiej — piaski słabogliniaste, jak również przy krochmalni Kąty Wrocławskie na glebie zwięzłej — glina średnia.

Na podstawie znajomości procesu technologicznego wielu zakładów oraz kilkudziesięciu analiz chemicznych ścieków, wykonanych w laboratorium Instytutu Melioracji i Użytków Zielonych we Wrocławiu (tab. 1) można stwierdzić, że krochmalnie przemysłowe zrzucają ścieki zasobne w składniki pokarmowe mogące oddziaływać dodatnio na środowisko glebowe i rośliny nawadniane.

Pomiary pH ścieków zestawione w tabeli 1 potwierdzają, że proces fermentacji wód ściekowych krochmalni zachodzi szybko; z tych względów konieczne jest doprowadzenie wód ściekowych na pola nawadniane w możliwie najkrótszym czasie, aby nie dopuścić do podniesienia się ich kwasowości. W związku z tym wydaje się, że najodpowiedniejszym sposobem nawadniania tymi ściekami jest deszczowanie: umożliwia ono szybkie i równomierne rozprowadzenie małych ilości wód ściekowych po powierzchni gleby; w zagłębieniach terenu nie tworzą się kałuże, w których ścieki mogłyby szybko fermentować.

Kilkuletni okres prowadzenia doświadczeń, pomimo nie ukończonych jeszcze badań, pozwala już na wysunięcie niektórych wniosków, co do wyboru użytków i roślin, stosowania racjonalnych dawek ścieków, potrzeby dodatkowych nawodnień wodą czystą w okresie wegetacyjnym oraz doboru gleb na pola nawadniane.

W tabeli 2 zestawiono średnie plony z użytków rolnych w zależności od wysokości stosowanych dawek nawadniających, uzyskane w latach o przeciętnych warunkach opadowych. Dane te pochodzą z doświadczeń wykonanych przy krochmalni Sokółka na glebie lekkiej. Zostały one uzupełnione w dwóch ostatnich pozycjach danymi z doświadczeń wykonanych w Gorzowie na podobnej glebie, dotyczącymi nawadniania roślin zbożowych. Plony przedstawione w tabeli 2 uzyskano bez uzupełniania nawożeniem mineralnym. Z danych zestawionych w tej tabeli wynika, że użytki i uprawy rolne można podzielić na trzy grupy w zależności od plonów uzyskiwanych na polach nawadnianych.

Tabela 1

Przeciętny skład chemiczny ścieków produkcyjnych niektórych krochmalni przemysłowych

Средний химический состав сточных вод крахмальных заводов в Польше  
Durchschnittliche chemische Zusammensetzung der Produktionsabwässer mancher Industrie-Stärkefabriken

Składnik w mg/l Состанные элементы в мг/л Element in mg/l	Krochmalnie Крахмальный завод Stärkefabrik			Średnio В среднем Im Durchschn.
	Janikowo	Kąty Wrocławskie	Sokolka	
Pozostałość po parowaniu Сухой остаток Verdampfungsrückstand	3390	2799	2282	2824
Pozostałość po prażeniu Остаток после прокаливания Glührückstand	1566	1450	1095	1370
Straty po prażeniu Потери после прокаливания Glühverluste	1824	1349	1188	1454
N	296	209	194	233
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	118	65	57	80
K <sub>2</sub> O	558	442	377	459
CaO	56	117	121	98
Na <sub>2</sub> O	12	62	33	36
SO <sub>4</sub>	7	7	5	6
Cl	45	41	57	48
pH ścieków na terenie fabryki pH сточных вод на территории завода pH der Abwässer auf dem Gebiet der Stärkefabrik	7,4	6,8	7,0	7,0
pH ścieków doprowadzonych na pole pH сточных вод подведенных на поле pH der Abwässer zugeleitet zum Feld	6,1	6,4	6,3	6,3

Na tereny nawodnione ściekami krochmalniczymi najlepiej nadają się trwałe użytki zielone i pastewne rośliny uprawne, a z tych ostatnich szczególnie buraki, kukurydza i słonecznik pastewny. Rośliny te odznaczają się dużymi wymaganiami pokarmowymi, toteż dobrze wykorzystują składniki nawozowe, dostarczone do gleby ze ściekami krochmalniczymi i dają duże przyrosty plonów, wzrastające w miarę zwiększenia dawek ścieków. Rośliny te nie zawodzą nawet w przypadku wygórowanych dawek, stosowanych przy braku dostatecznej powierzchni gruntów odpowiednich do oczyszczania nadmiaru ścieków.

Tabela 2

Średnie plony z użytków rolnych nawadnianych ściekami Kroczałni Sokółka w 1960 r.

Средние урожаи с земельных угодий орошаемых сточными водами крахмального завода в Сокулке в 1960 г.

Durchschnittliche Erträge der mit dem Abwässern der Stärkefabrik im Sokółka im Jahre 1960 bewässerten landwirtschaftlichen Nutzungen

Rodzaj użytku lub roślina Угодье или культура Nutzungsart bzw Frucht	Plony w q/ha przy dawce ścieków mm Урожаи в ц/га при норме сточных ВОД мм Erträge in dz/ha bei der Abwassergabe von mm					
	0	100	200	400	800	1600
Łąka — (siano) Луг — (сено) Wiese (Heu)	28	59	97	111	152	158
Buraki pastewne Кормовая свекла Futterrüben	258	496	505	829	890	986
Kukurydza pastewna (zielona masa) Кормовая кукуруза (зеленая масса) Futtermais (Grünmasse)	380	460	510	730	940	—
Słonecznik pastewny (zielona masa) Кормовой подсолнечник (зеленая масса) Futter-Sonnenblume (Grünmasse)	459	603		890	1020	—
Kapusta wczesna Капуста ранняя Frühkohl	372	577	593	650	700	—
Kapusta późna Капуста поздняя Spätkohl	206	387	464	540	562	—
Buraki cukrowe Сахарная свекла Zuckerrüben	184	303	309	402	435	—
Ziemniaki Картофель Kartoffeln	129	269	325	386	232	210
Marchew pastewna Морковь кормовая Futter-Mohrrüben	302	705	803	516	509	434
Marchew jadalna Морковь столовая Speisemohrrüben	380	855	849	645	602	—

(Ciąg dalszy tabl. 2)

Rodzaj użytku lub roślina Угодье или культура Nutzungsart bzw Frucht	Plony w q/ha przy dawce ścieków mm Урожай в ц/га при норме СТОЧНЫХ ВОД мм Erträge in dz/ha bei der Abwassergabe von mm					
	0	100	200	400	800	1600
Słonecznik oleisty (ziarno) Подсолнечник масличный (зерно) Öl-Sonnenblume (Korn)	4,5	11	17	17	—	—
Mieszanka zbożowa jara (ziarno) <sup>1)</sup> Злаковая смесь яровая (зерно) <sup>1)</sup> Sommer-Getreidegemenge (Korn) <sup>1)</sup>	24,1	24,9	30	28,3	—	—
Zyto ozime (ziarno) <sup>1)</sup> Рожь озимая (зерно) <sup>1)</sup> Winterroggen (Korn) <sup>1)</sup>	24,8	31,9	28,2	28,2	—	—

<sup>1)</sup> Według Rheinwalda (8)<sup>1)</sup> По Рейнвальду (8)<sup>1)</sup> Nach Rheinwalde (8)

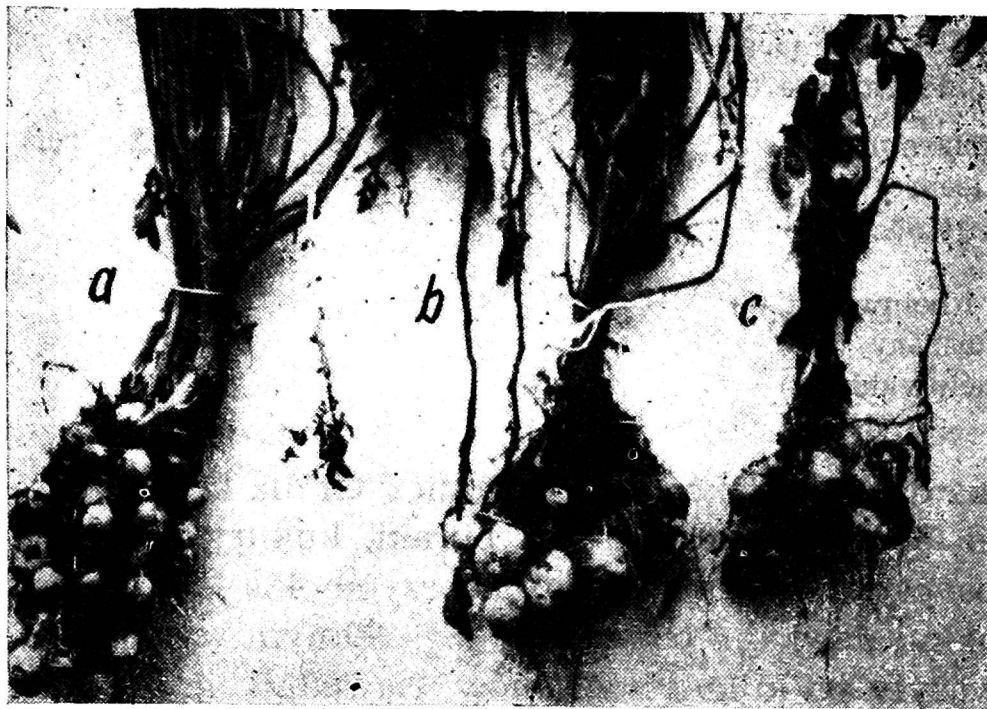
Optymalna dawka ścieków krochmalniczych dla łąk na glebach lekkich wynosi około 800 mm rocznie. Pod buraki, kukurydzę i słonecznik pastewny jako optymalną dawkę można przyjąć 400—800 mm. Buraki nawadniane takimi dawkami odznaczały się pięknym wyglądem, a pojedyncze sztuki ważyły po kilka kilogramów. Nawodnienie ściekami nie miało ujemnego wpływu na przechowywanie zimowe buraków oraz na przebieg fermentacji kiszonek z liści buraczanych, kukurydzy i słonecznika.

Bardzo dobrze reagowała również na nawodnienie ściekami krochmalniczymi kapusta, szczególnie wczesna, dla której optymalną dawkę można przyjąć na ok. 400 mm rocznie. Główki kapusty nawadnianej były zwarte i twarde. Można przypuszczać, że wszystkie warzywa, które odznaczają się dużym zapotrzebowaniem potasu i azotu znalazłyby również odpowiednie warunki rozwoju na terenach nawadnianych tymi ściekami.

Do drugiej grupy roślin uprawnych, które można zalecić na pola nawadniane, można zaliczyć buraki cukrowe, ziemniaki, marchew jadalną i pastewną. Rośliny te bardzo dobrze reagują na nawodnienie ściekami, ale różnią się od roślin pierwszej grupy wrażliwością na wysokie dawki ścieków.

Buraki cukrowe dają duże zwyzki plonów przy zastosowaniu umiarkowanych dawek wody ściekowej. Jako optymalną dawkę ścieków można dla nich przyjąć 400 mm. Wprawdzie przy dawce 800 mm uzyskano nieco większy plon niż przy poprzednio wymienionej, niemniej wykorzystanie zasobów nawozowych tej dawki jest stosunkowo małe.

Szczególną uwagę zwrócono w omawianych badaniach na nawadnianie ziemniaków ze względu na rozmieszczenie fabryk w rejonach gleb lekkich oraz dla zwiększenia bazy surowcowej dla tych zakładów. Ziemniaki wymagają wysokich dawek nawozów potasowych, toteż plonowały bardzo dobrze na działkach nawadnianych dawkami do 400 mm ścieków krochmalniczych. Dawkę tę można przyjąć jako górną normę pod ziemniaki. Przy wyższych dawkach krzywa plonów zaczyna spadać. Niektóre przyczyny obniżenia się plonowania ziemniaków przy stosowaniu dawek ścieków ponad 400 mm ilustruje rysunek 1. Doświadczenia wykazują, że ze



Rys. 1. Ziemniaki w 1960 r.: a — nawadnianie ściekami krochmalni Sokółka, dawką 800 mm; b — dawką 400 mm; c — nie nawadniane

Рис. 1. Картофель в 1960 г.: a — орош. сточными водами крахмального завода в Сокулке, при норме 800 мм; b — при норме 400 мм; c — неорошаемые

Abb. 1. Kartoffel im Jahre 1960: a — bewässert mit Abwässern der Stärkefabrik in Sokółka, bei der Abwassergabe von 800 mm; b — von 400 mm; c — unbewässert

wzrostem dawki nawadniającej zwiększa się ilość ziemniaków pod krzakiem a maleje ich wielkość. Na działkach nawadnianych dawką 800 mm spotykano pod krzakiem po kilkadziesiąt sztuk ziemniaków drobnych i mało dojrzałych, trzymających się krzaka silnymi, zielonymi pędami. Na silnie nawadnianych działkach ziemniaki miały bujne łęciny, które utrzymały się do kopania w stanie zielonym.

Marchew zarówno jadalna jak i pastewna, podobnie jak ziemniaki, okazała się wrażliwa na nawodnienia wysokimi dawkami ścieków. Doświadczenia nasze wykazały, że najodpowiedniejsza pod marchew jest

dawka ścieków krochmalniczych o wysokości około 200 mm. Przy tej dawce uzyskano przyrost plonu marchwi pastewnej — 166% i jadalnej — 123% w stosunku do nie nawadnianej. Przy wyższych dawkach, począwszy od 400 mm, krzywa plonów zaczęła gwałtownie spadać. Korzenie marchwi nawadnianej wyższymi dawkami miały skłonność do rozwidlania się oraz pękania. Dokonane próby i obserwacje pozwalają przypuszczać, że przy zastosowaniu gęstszego siewu można uniknąć rozwidlania i pękania marchwi, co pozwoli podnieść dawkę ścieków.

Na podstawie wielu doświadczeń z nawodnieniem miejskimi wodami ściekowymi roślin przemysłowych możemy sądzić, że te uprawy można będzie również zaliczyć, obok pastewnych, do grupy najlepiej nadających się na tereny nawadniane ściekami krochmalniczymi. Do tego przypuszczenia upoważniają nas doświadczenia z nawodnieniem tymi ściekami słonecznika oleistego i zapoczątkowane doświadczenia z konopiami jednopiennymi. Słonecznik oleisty wydał stosunkowo duże plony dorodnego ziarna. Jako optymalną pod słonecznik oleisty określono dawkę 200 do 400 mm. Słoneczniki nawadniane różniły się od nie nawadnianych wielkością tarczy i jej wypełnieniem oraz dorodnością ziarna.

Do tej pory nie przeprowadzono systematycznych doświadczeń z nawodnieniem wodami ściekowymi roślin zbożowych. Jednakże wykonane w bieżącym roku tego rodzaju doświadczenie wskazuje na małą opłacalność stosowania bezpośrednich nawodnień upraw zbożowych ściekami krochmalniczymi. Żyto ozime nawadniane wyższymi niż 100 mm dawkami prawdopodobnie wyłoży się i nie spodziewamy się wysokich plonów ziarna. Doświadczenia nasze prawdopodobnie będą zgodne z badaniami Rheinwalda (8) wykonanymi na podobnej glebie w Gorzowie. Na podstawie doświadczeń gorzowskich można przyjąć optymalną dawkę dla roślin zbożowych jarych w wysokości 200 mm, a dla ozimych 100 mm. Ze względu na dobre wykorzystanie urządzeń nawadniających i na zużycowanie ścieków najlepiej uprawiać rośliny zbożowe w drugim lub trzecim roku po nawodnieniu.

Od 1959 roku prowadzimy doświadczenia z nawodnieniem ściekami krochmalni Sokółka lasu sosnowego w wieku około 30 lat na obszarze 0,65 ha. Na każdą powierzchnię doświadczalną przypada przeciętnie 300 drzew. Dawki ścieków wynoszą 500, 1000, 1500 i 2000 mm rocznie. Zbyt krótki okres doświadczenia nie pozwala jeszcze na przedstawienie wyników przyrostu masy drzewnej lasu nawadnianego. Z przeprowadzonych obserwacji wynika, że drzewa nawadniane w pierwszych latach dobrze znoszą zalewy nawet najwyższymi stosowanymi dawkami ścieków, przy czym odznaczają się w stosunku do nie nawadnianych intensywnym zabarwieniem szpilek oraz zdrowym wyglądem. Pod wpływem nawodnienia wytworzyło się bujniejsze podszycie leśne. Badania chemiczne gleby i wy-

Tabela 3

Skład chemiczny plonów z pól nawadnianych ściekami krochmalni Sokółka w 1960 r.  
(w % suchej masy)

Химический состав урожая собранных с полей орошаемых сточными водами  
крахмального завода в Сокулке в 1960 г. (в процентах сухой массы)

Chemische Zusammensetzung der Ernte von den mit den Abwässern der Stärke-  
fabrik in Sokółka im Jahre 1960 bewässerten Feldern (in Proz. Trockenmasse)

Róśliny Культуры Kulturpflanzen	Składniki Составные элементы Elemente	Dawka ścieków mm Норма сточных вод мм Abwassergabe mm				
		0	100	200	400	800
Siano Сено Heu	Białko ogólne Составные элементы Allgem. Eiweiss	10,75	13,70	13,63	13,02	17,38
	N	1,72	2,19	2,18	2,23	2,78
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,46	0,44	0,46	0,50	0,61
	K <sub>2</sub> O	3,02	2,53	2,87	3,17	3,74
	CaO	0,91	0,81	0,81	0,62	0,78
Buraki pastewne Кормовая свекла Futterrüben	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	10,30	10,20	11,50	12,23	18,83
	N	1,65	1,63	1,84	1,96	3,10
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,29	0,25	0,42	0,26	0,35
	K <sub>2</sub> O	4,27	3,02	3,58	3,87	5,57
	CaO	0,41	0,27	0,37	0,28	0,39
Kukurydza pastewna Кормовая кукуруза Futtermais	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	5,68	11,50	12,58	13,38	13,50
	N	0,91	1,84	2,01	2,14	2,16
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,71	0,77	0,76	0,71	0,86
	K <sub>2</sub> O	3,78	4,18	4,05	4,38	4,16
	CaO	0,50	0,62	0,73	0,66	0,54
Kapusta Капуста Kohl	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	23,41	17,80	29,90	—	26,80
	N	3,71	2,85	4,79	—	4,28
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,71	0,66	0,96	—	0,92
	K <sub>2</sub> O	4,36	4,59	5,21	—	4,64
	CaO	0,74	0,76	0,90	—	0,88
Buraki cukrowe Сахарная свекла Zuckerrüben	Cukier Сахар Zucker	18,20	17,90	17,20	17,60	17,40
	Popiół rozpuszcz. Растворимая зола auflösbare Asche	0,64	0,63	0,71	0,68	0,69

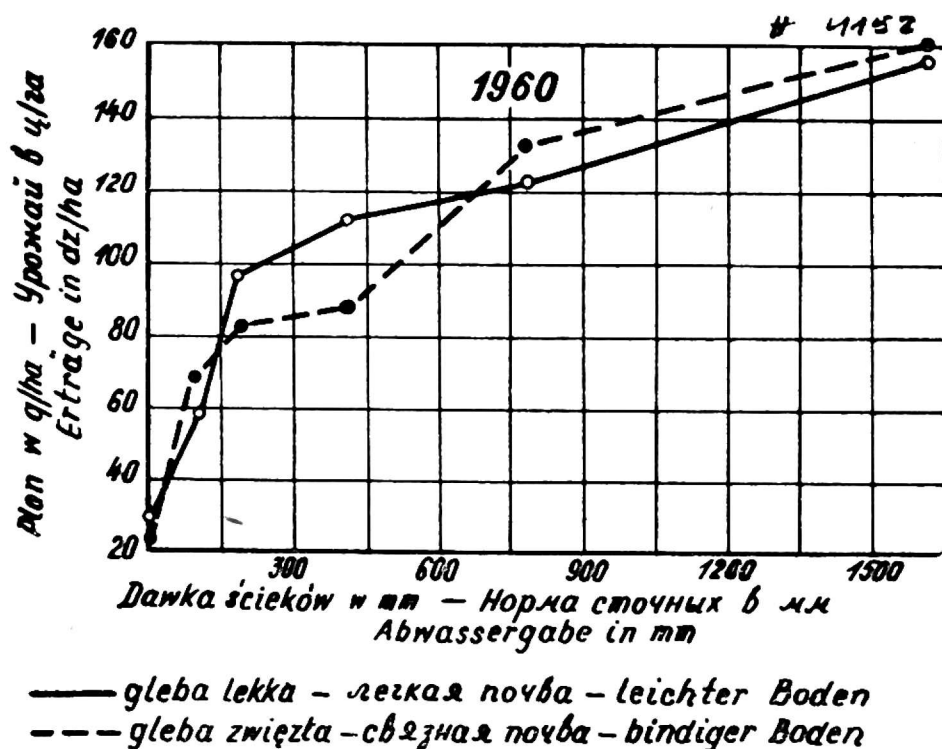


(Ciąg dalszy tabl. 3)

Rośliny Культуры Kulturpflanzen	Składniki Составные элементы Elemente	Dawka ścieków mm Норма сточных вод мм Abwassergabe mm				
		0	100	200	400	800
	Azot szkodl. mg/l Вредный азот мм/л schädlicher Stickstoff mg/l	0,55	0,61	0,64	0,69	0,74
Ziemniaki Картофель Kartoffeln	Skrobia Крахмал Stärke	19,30	19,50	19,50	21,30	19,60
	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	9,00	10,30	14,05	16,32	16,12
	N	1,44	1,65	2,25	2,58	2,58
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,62	0,60	0,61	0,68	0,60
	K <sub>2</sub> O	3,43	3,45	3,90	4,03	4,06
	CaO	0,18	0,18	0,17	0,18	0,18
Marchew pastewna Кормовая морковь Futter-Mohrrüben	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	5,94	12,30	13,30	14,73	13,30
	N	0,95	1,97	2,13	2,33	2,13
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,51	0,41	0,54	0,66	0,39
	K <sub>2</sub> O	3,55	4,66	5,17	5,43	4,19
	CaO	0,61	0,58	0,63	0,65	0,50
Marchew jadalna Столовая морковь Speise-Mohrrüben	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	8,33	10,30	10,43	10,62	14,42
	N	1,33	1,65	1,67	1,70	2,31
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,41	0,36	0,50	0,51	0,54
	K <sub>2</sub> O	2,97	4,05	4,10	3,76	4,69
	CaO	0,61	0,58	0,50	0,46	0,56
Słonecznik oleisty Масличный подсолнеч Öl-Sonnenblume	Wyciąg eterowy (tłuszcz) Эфирный экстракт (жир) Etherextrakt (Fett)	33,23	29,83	27,61	29,75	—
	Białko ogólne Общий белок Allgem. Eiweiss	17,87	18,62	18,75	18,75	—
	N	2,86	2,98	3,00	3,00	—
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,51	1,53	1,46	1,30	—
	K <sub>2</sub> O	1,02	0,98	1,14	1,08	—
	CaO	0,33	0,27	0,25	0,26	—

gląd drzew wskazują na stopniowe polepszenie się siedliska nawadnianych działek leśnych.

Do efektów uzyskiwanych z rolniczego wykorzystania ścieków krochmalniczych można zaliczyć, obok wyżki plonów roślin nawadnianych, polepszenie ich wartości użytkowej. Z danych zestawionych w tabeli 3 wynika, że ścieki krochmalnicze wpływają przede wszystkim na zwiększenie procentu białka w roślinach. Zawartość białka wzrasta z wielkością dawek nawadniających, uzasadnia to zaliczenie roślin pastewnych do przewodnich na tereny nawadniane ściekami krochmalniczymi. Zawartość fosforu, potasu i wapnia w plonach z poszczególnych kombinacji nawod-



Rys. 2. Zależność plonowania łąk od wysokości dawek ścieków krochmalniczych i rodzaju gleby nawadnianej  
Рис. 2. Зависимость урожайности луга от величины норм полива сточными водами крахмального завода и от рода орошаемой почвы

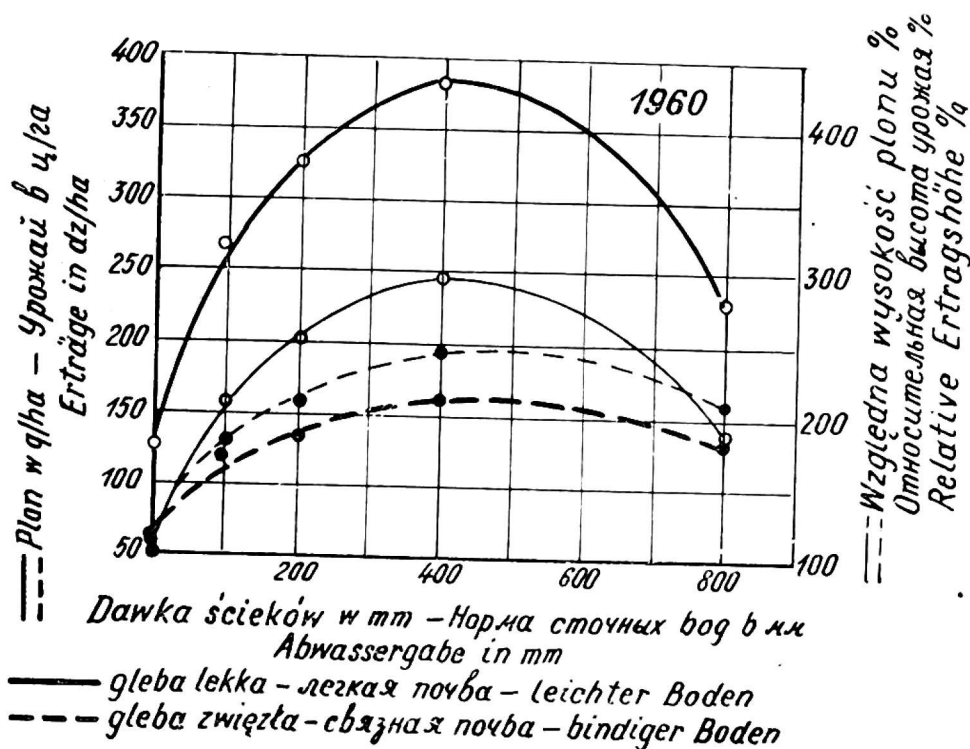
Abb. 2. Abhängigkeit der Heuerträge von der Höhe der Stärkefabrikabwassergaben und von der Art des bewässerten Bodens

nienia nie wykazuje tak wyraźnych różnic. Ogólnie jednak przy większych dawkach ścieków zachodzi zwiększenie procentowego udziału tych podstawowych związków, a szczególnie potasu w roślinach.

Do tej pory nie udało nam się stwierdzić wyraźnego wpływu nawodnień na zawartość skrobi w ziemniakach. Skrobiowość ziemniaków różniła się w poszczególnych latach prawdopodobnie w zależności od przebiegu elementów meteorologicznych. W suchym roku 1959, odznaczającym się pogodnym sierpniem, zawartość skrobi w ziemniakach nawadnianych była

wyższa niż w nie nawadnianych. Gdyby nawet w niektórych latach zaznaczył się niewielki procentowy spadek skrobi w ziemniakach nawadnianych w stosunku do nie nawadnianych, to jednak w sumie, w związku ze znacznym przyrostem plonów ziemniaków, otrzymana z 1 hektara ilość skrobi będzie zawsze większa. Biorąc pod uwagę znaczną zwyczajną zawartości białka w ziemniakach nawadnianych należałoby sadzić na tych terenach ziemniaki pastewne.

Znane jest zjawisko obniżenia się zawartości cukru w burakach pod wpływem intensywnego nawadniania. W naszych badaniach również zanotowano niewielki przeciętnie spadek cukru w burakach nawadnianych.



Rys. 3. Zależność plonowania ziemniaków od wysokości dawek ścieków krochmalniczych i rodzaju gleby nawadnianej

Рис. 3. Зависимость урожаев картофеля от величины норм полива сточными водами крахмального завода и от рода орошаемой почвы

Abb. 3. Abhängigkeit der Kartoffelerträge von der Höhe der Stärkefabrik-Abwassergaben und von der Art des bewässerten Bodens

W oparciu o oznaczenia Marcilona (5), możemy sądzić, że procentowy spadek cukrowości wiąże się z procentowym spadkiem suchej masy buraków pod wpływem nawodnienia. W sumie jednak, biorąc pod uwagę wielkość plonów, otrzymano przy dawce ścieków 400 mm wzrost zbioru cukru o ponad 100%.

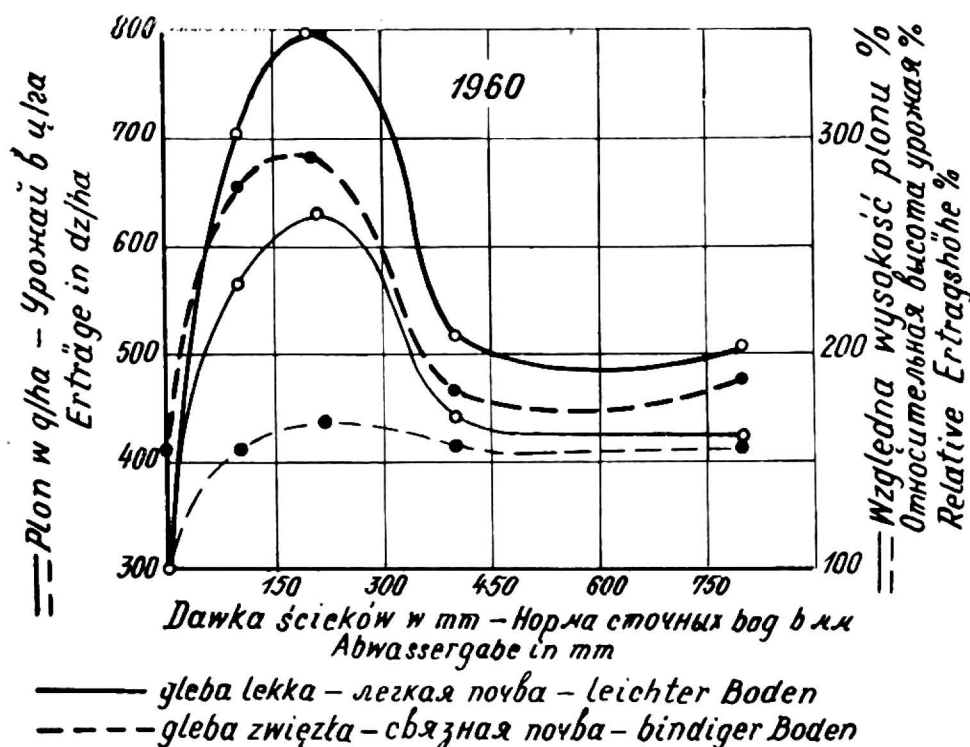
W słoneczniku pod wpływem nawodnienia zmniejsza się nieco procent tłuszczu, jednak na terenach nawadnianych uzyskuje się większą ilość

tłuszczu z hektara, gdyż dzięki nawodnieniu ściekami plon przyrasta nie-współmiernie szybciej niż obniża się procentowa zawartość tłuszczu.

Na efekt rolniczego wykorzystania każdego m<sup>3</sup> ścieków, obok właściwej struktury użytkowania ziemi, wpływa odpowiedni pod względem warunków glebowych dobór terenu na pola nawadniane.

Jak już wspomniano, dla uzupełnienia badań prowadzonych przy krochmalni Sokółka na glebach lekkich przeprowadzono równoległe badania na glebie zwięzłej przy krochmalni w Kątach Wrocławskich. Porównanie wyników z obu serii doświadczeń pozwoli na ustalenie przydatności tych gleb na pola nawadniane oraz sposobów prowadzenia racjonalnej gospodarki ściekowej i agrotechniki na tych glebach.

Plony z łąk nawadnianych ściekami krochmalniczymi w latach średnio-wilgotnych nie wykazały istotnych różnic w zależności od rodzaju gleby.



Rys. 4. Zależność plonowania marchwi pastewnej od wysokości dawek ścieków krochmalniczych i rodzaju gleby nawadnianej

Рис. 4. Зависимость урожаев кормовой моркови от величины норм полива сточными водами крахмального завода и от рода орошаемой почвы

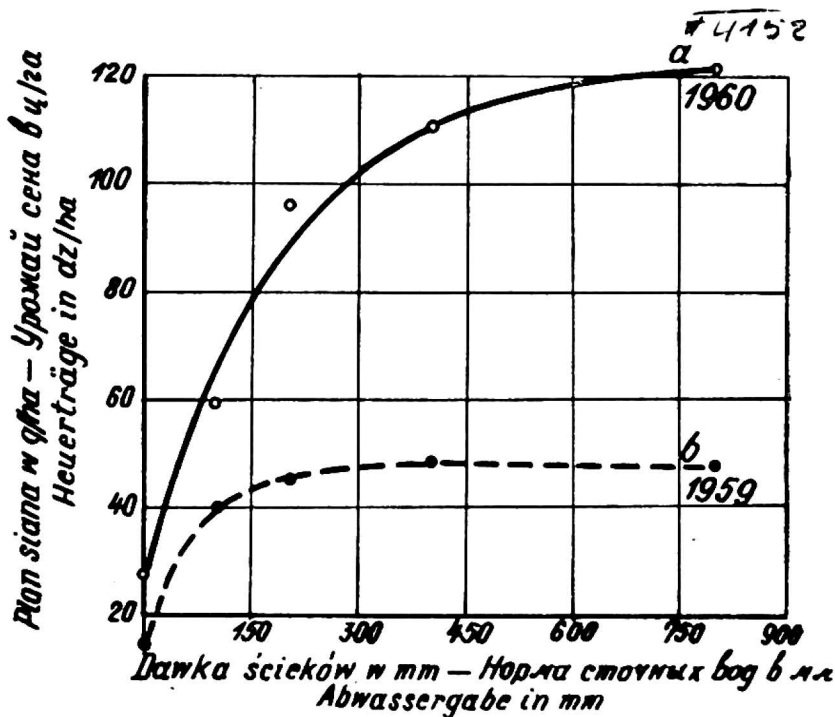
Abb. 4. Abhängigkeit der Futtermohrrüben-Erträge von der Höhe der Stärkefabrik-Abwassergaben und von der Art des bewässerten Bodens

Niewielkie różnice ilości zbioru siana wynikły prawdopodobnie z różnic składu botanicznego runi. Użytki zielone mogą być więc nawadniane ściekami krochmalniczymi również na glebach zwięzlejszych. Podobnie zachowują się nawadniane rośliny pastewne w uprawie polowej, które są mało

wrażliwe na wyższe dawki ścieków i w roku średniowilgotnym wydały zbliżone wielkości plonów zarówno w doświadczeniu przy krochmalni Sokółka na glebie lekkiej jak w Kątach Wrocławskich na glebie zwięzłej. \*

W przeciwieństwie do użytków zielonych i roślin pastewnych w uprawie polowej, rośliny wrażliwe na wysokie normy nawodnienia okazały się również czułe na rodzaj gleby. W Kątach Wrocławskich na glebie zwięzłej otrzymaliśmy przy tych samych normach nawodnienia dużo niższe plony ziemniaków i marchwi niż w doświadczeniu na glebie lekkiej w Klimontowie (rys. 3 i 4).

Biorąc pod uwagę znany fakt, że ziemniaki są typową uprawą gleb lekkich, można stwierdzić niecelowość uprawy ziemniaków na glebach zwięzłych nawadnianych ściekami krochmalniczymi.



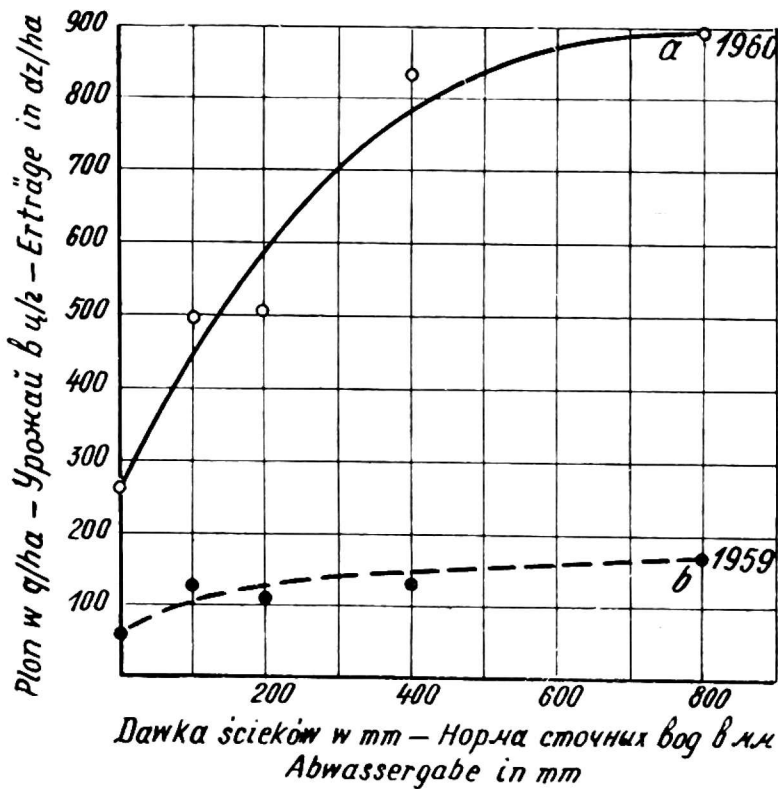
Rys. 5. Plonowanie łąk nawadnianych ściekami krochmalniczymi na glebie lekkiej: a) w roku umiarkowanie wilgotnym, b) w roku suchym

Рис. 5. Урожайность лугов орошаемых сточными водами крахмального завода на лёгкой почве; а) в средне-влажном году, б) в сухом году

Abb. 5. Ertragsfähigkeit der mit den Stärkefabrikabwässern bewässerten Wiesen auf leichten Boden: a) im mitteltrockenen Jahr, b) im Trockenjahr

Podobnie dla marchwi nawadnianej ściekami krochmalniczymi lepsza okazała się gleba lekka. Znacznie wyższy efekt gospodarczy uzyskano z wykorzystania 1 m<sup>3</sup> ścieków krochmalniczych do nawodnień marchwi w Klimontowie niż w Kątach Wrocławskich, mimo że na kombinacjach nie nawadnianych zebrano więcej marchwi na glebie zwięzłej.

Nawodnienia ściekami krochmalniczymi wykonywane w zasadzie w okresie pozawegetacyjnym mają znaczenie nawożące, natomiast w okresie wiosennym mogą mieć wpływ na bilans wodny gleby i na uprawiane rośliny. Dlatego też w poszczególnych latach o różnych warunkach opadowych uzyskiwano inne wyniki plonowania w zależności od stosowanych nawodnień ściekami krochmalniczymi.



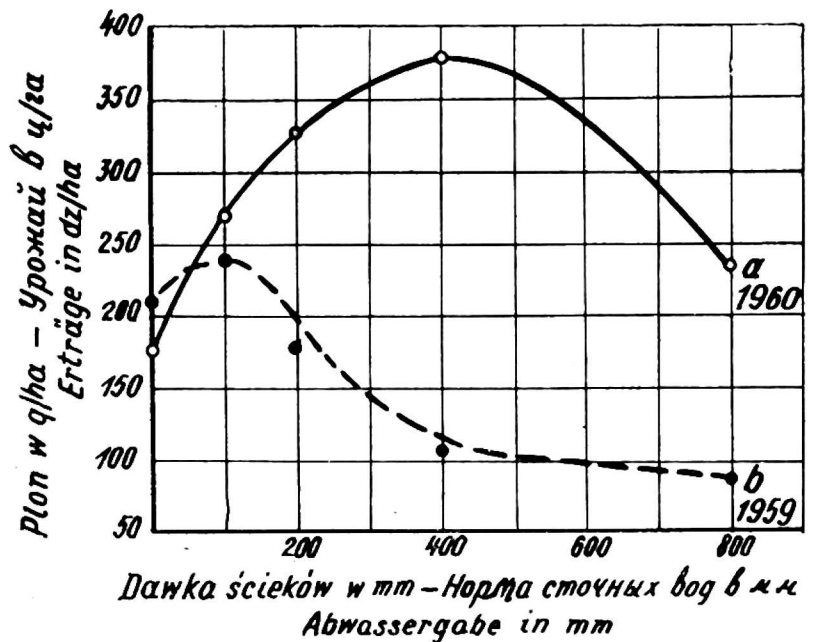
Rys. 6. Plonowanie buraków pastewnych nawadnianych ściekami krochmalniczymi na glebie lekkiej: a) w roku umiarkowanie wilgotnym, b) w roku suchym  
Рис. 6. Урожай кормовой свёклы орошаемой сточными водами крахмального завода на лёгкой почве: а) в средневлажном году; б) в сухом году

Abb. 6. Futterrübenenerträge bei Bewässerung mit den Stärkefabrik-Abwässern auf leichtem Boden: a) im mitteltrockenen Jahr, b) im Trockenjahr

Rys. 7. Plonowanie ziemniaków nawadnianych ściekami krochmalniczymi na glebie lekkiej: a) w roku umiarkowanie wilgotnym; b) w roku suchym

Рис. 7. Урожай картофеля орошаемого сточными водами крахмального завода на лёгкой почве: а) в средневлажном году, б) в сухом году

Abb. 7. Kartoffeleträge bei Bewässerung mit den Stärkefabrik-Abwässern auf leichtem Boden: a) im mitteltrockenen Jahr; b) im Trockenjahr



Na rysunkach 5, 6, 7 przedstawiono wyniki plonowania łąki, buraków pastewnych i ziemniaków nawadnianych ściekami krochmalniczymi na glebie lekkiej w Klimontowie w roku 1959 i 1960. Ze względu na sumę i rozkład opadów, rok 1959 można zaliczyć do lat suchych, a rok 1960 do

lat wilgotnych. W roku suchym, którego suma roczna opadów wynosiła zaledwie 68% średniej wieloletniej, efekt wykorzystania składników pokarmowych dostarczonych ze ściekami do gleby był znikomy a plony niskie. W doświadczeniu z ziemniakami, w roku dużych niedoborów wodnych, nawodnienie dawkami ścieków powyżej 100 mm wpływało nawet na obniżenie plonów w stosunku do kombinacji nie nawadnianej. Duża koncentracja składników pokarmowych w glebie odbiła się niekorzystnie na przebiegu wegetacji.

Biorąc pod uwagę stosunkowo często występowanie miesięcy posusznych w okresie krytycznym dla roślin uprawnych, a przede wszystkim dla użytków zielonych, wskazane jest, w celu pełnego wykorzystania składników nawozowych ze ścieków, stosowanie nawodnień dodatkowych wodą czystą w okresie naturalnych niedoborów wodnych. Do nawodnień zwilżających mogą być użyte te same urządzenia nawadniające i woda czysta, która w okresie kampanii krochmalniczej jest używana do produkcji. Na podstawie dotychczasowych badań nad okresem krytycznym zapotrzebowania wodnego roślin (1), (3), nawodnienia zwilżające powinny być planowane: dla użytków zielonych od początku maja do końca sierpnia, dla okopowych w lipcu i sierpniu oraz dla zbożowych od połowy maja do połowy czerwca.

Dotychczasowy przebieg doświadczeń z nawodnieniem użytków rolnych i leśnych ściekami krochmalniczymi pozwala wyciągnąć następujące wnioski:

1. Do przewodnich roślin na tereny rolniczego wykorzystania ścieków krochmalniczych można zaliczyć trwałe użytki zielone oraz rośliny pastewne, przemysłowe i warzywa w uprawie polowej, a w szczególności buraki pastewne, kukurydzę, słonecznik pastewny i oleisty oraz kapustę. Rośliny te najlepiej wykorzystują składniki nawozowe ścieków, dają efekty gospodarcze w postaci dużego przyrostu plonu dobrej jakości i nie są wrażliwe na wysokie normy nawodnienia, stosowane czasem z braku dostatecznej powierzchni terenów rolniczego wykorzystania ścieków.

2. Opłacalne i wskazane jest również nawodnienie gleby ściekami krochmalniczymi pod buraki cukrowe, ziemniaki oraz pod marchew pastewną i jadalną dawką 200 do 400 mm rocznie.

3. Bezpośrednie nawodnienie ściekami krochmalniczymi gleby pod uprawy roślin zbożowych jest niewskazane ze względu na możliwość wylegania zbóż i stosunkowo niewielkie efekty gospodarcze. Rośliny zbożowe powinny znaleźć miejsce w płodozmianie w drugim i trzecim roku po nawodnieniu.

4. Jako najbardziej racjonalne dawki ścieków na gleby lekkie w naszych warunkach można polecić 400—800 mm dla użytków zielonych, buraków pastewnych, kukurydzy, słonecznika i kapusty, 200 do 400 mm

pod buraki cukrowe, ziemniaki, marchew i słonecznik oleisty oraz około 100 mm pod rośliny zbożowe.

5. Do rolniczego wykorzystania ścieków krochmalniczych powinny być w pierwszym rzędzie typowane tereny o glebach lekkich, dających możliwość swobodnego doboru roślin i wielkości dawek nawadniających. Na glebach tych poprzez nawodnienia ściekami uzyskuje się bardzo dobre warunki racjonalnego wykorzystania każdego m<sup>3</sup> ścieków. Na glebach zwięzłych nawadnianych tymi ściekami mogą być uprawiane rośliny przede wszystkim z grupy przewodnich wymienionych w punkcie 1.

6. W celu racjonalnego wykorzystania składników nawozowych zawartych w ściekach krochmalniczych, niezależnie od przebiegu opadów, wskazane jest aby obiekty rolniczego wykorzystania ścieków miały zapewnioną możliwość doprowadzenia wody czystej do nawodnień zwilżających w okresie krytycznym zapotrzebowania wodnego roślin.

Q

#### LITERATURA

1. B a c S.: Polowe zużycie wodne roślin uprawnych. Roczn-i Nauk roln. T. 74-A-4, 1957.
2. Bieliński W.: Wody odpływowe w przemyśle ziemniaczanym z punktu widzenia technologii krochmalnictwa. Przemysł Rolny i Spożywczy, nr 9, 1932.
3. K u t e r a J.: Wpływ niektórych czynników klimatycznych na plonowanie roślin uprawnych. Roczn-i Nauk roln. T. 71-F-2, 1956.
4. K u t e r a J. i C z y ż y k W.: Wyniki badań nad rolniczym wykorzystaniem ścieków krochmalni ziemniaczanych. Gosp. wodna nr 11, 1958.
5. M a r c i l o n e k S.: Stosunki wodno-pokarmowe i biologiczne gleby oraz plonowanie roślin uprawnych nawadnianych włącznie ściekami miejskimi. Zeszyty Naukowe WSR we Wrocławiu nr 13/58.
6. M y s ł a k o w s k i K.: Zastosowanie ścieków krochmalniczych do melioracji łąk, pól i stawów rybnych. Inżynieria Rolna, z. 4, 1930.
7. N i e s m i e j a n o w S. A.: Kartoffelno-krochmalnyje zawody. Proizvodstwiennyje stocznyje wody. Moskwa 1948.
8. R e i n w a l d H.: Versuche über die Verregnung von Stärkefabrikabwässern. Kulturtechniker H. 5/6—7/8, Berlin 1938.
9. S z n i o l i s A.: Wyzyskanie czy oczyszczanie wód odpływowych z krochmalni. Przemysł Rolny i Spożywczy, nr 9, 1952.
10. W i e r z b i c k i J.: Wykorzystanie rolnicze ścieków przemysłu spożywczego w Polsce. Gosp. wodna, nr 9, 1954.
11. W i e r z b i c k i J. i K u t e r a J.: Możliwości rolniczego wykorzystania ścieków przemysłu spożywczego w Polsce. Gosp. wodna nr 8, 1959.



В. Чижик, Я. Кутера

## ПЕРСПЕКТИВЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД КРАХМАЛЬНЫХ ЗАВОДОВ В ПОЛЬШЕ

### Резюме

Исследования производились в период 1956—1961 гг. при крахмальном заводе Сокулка в местности Климонтув, на легкой супесчаной почве с малой примесью глины, а также при крахмальном заводе Конты Вроцлавске, на связной почве — среднетяжелой глине.

Полученные до настоящего времени результаты опытов по орошению земельных и лесных угодий сточными водами крахмальных заводов следующие:

1. К ведущим растениям на площадях сельскохозяйственного использования сточных вод крахмальных заводов можно причислить растительный покров многолетних зеленых угодий, а также кормовые культуры и овощи полевого севооборота, в частности кормовую свеклу, кукурузу, кормовой и масличный подсолнечник и капусту. Эти культуры наиболее хорошо используют удобрительные вещества сточных вод, приносят экономические эффекты в виде значительного повышения и высокого качества урожаев и являются устойчивыми к высоким нормам орошения применяемым иногда из-за неимения достаточной площади для сельскохозяйственного использования сточных вод. В эту группу можно будет по всей вероятности включить и лес, поскольку под влиянием орошений во вневегетационный период даже высокими нормами сточных вод — до 2000 мм в год — рост деревьев заметно улучшается.

2. Рентабельным является также орошение почвы сточными водами крахмальных заводов под сахарную свеклу, картофель, кормовую и столовую морковь — нормой 200—400 мм в год.

3. Непосредственное орошение сточными водами крахмальных заводов почвы под возделывание зерновых культур не является целесообразным ввиду частого полегания орошаемых зерновых и сравнительно незначительных экономических эффектов. Поэтому зерновые должны возделываться в севообороте на второй и третий год после орошения.

4. Как наиболее рациональные нормы сточных вод на легких почвах можно рекомендовать 400—800 мм на зеленые угодья, под кормовую свеклу, кукурузу, подсолнечник и капусту; 200—400 мм под сахарную свеклу, картофель, морковь и масличный подсолнечник и около 100 мм под зерновые.

5. Для сельскохозяйственного использования сточных вод крахмальных заводов следует в первую очередь отводить площади с легкими почвами, дающими возможность более свободного подбора культур и величины поливных норм, на которых в результате орошений возникают очень хорошие условия для рационального использования любого количества сточных вод. На связных почвах орошаемых этими сточными водами могут возделываться культуры принадлежащие в первую очередь к группе ведущих культур названных в пункте 1.

6. Для рационального использования удобрительных элементов входящих в состав сточных вод крахмальных заводов, независимо от распределения осадков, желательно, чтобы объекты сельскохозяйственного использования сточных вод были обеспечены возможностью подвода чистой воды для увлажнительных орошений в критические для культурных растений периоды недостатка влаги.

W. Czyżyk, J. Kutera

## MÖGLICHKEITEN DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN VERWERTUNG VON STÄRKEFABRIKABWÄSSERN IN POLEN

### Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit wurde auf den in den Jahren 1956—1961 bei der Stärkefabrik Sokółka in Ortschaft Klimontów, auf leichtem, schwach anlehmigen Sandboden, sowie bei der Stärkefabrik Kały Wrocławskie auf bindigem Boden — mittelschwerem Lehm, durchgeführten Untersuchungen gestützt.

Bisherige Versuchsergebnisse über Abwasserbewässerung von land- und forstwirtschaftlichen Nutzungen können in folgenden Schlüssen zusammengefasst werden:

1. Zu führenden Kulturpflanzen für die Flächen der landwirtschaftlichen Verwertung von Stärkefabrikabwässern können Dauergrünland sowie Futterpflanzen und Gemüse in Feldfruchtfolge, besonders Futterrüben, Mais, Futter- und Öl-Sonnenblume und Kohl zugezählt werden. Diese Pflanzen nutzen am besten die im Abwasser enthaltenen Düngungsstoffe aus, geben gute wirtschaftliche Effekte in Form eines hohen Zuwachses der Erträge von guter Qualität und sind auf hohe Bewässerungsgaben, die manchmal wegen Mangels an genügende Fläche für landwirtschaftliche Abwasserverwertung angewendet werden, nicht empfindlich. In diese Gruppe der Nutzungen können wahrscheinlich auch Wälder eingeschlossen werden, deren Pflanzendecke unter dem Einfluss von

Bewässerungen in der Ausservegetationsperiode, sogar bei hohen Abwassergaben — bis 2000 mm pro Jahr — einer deutlichen Verbesserung unterliegt.

2. Auch die Bewässerung des Bodens mit Stärkefabrikabwässern unter Zuckerrüben, Kartoffeln, Futter- und Speisemohrrüben mit den Abwassergaben von 200—400 mm pro Jahr ist als rentabel und durchaus zweckmässig zu erachten.

3. Unmittelbare Bewässerung des Bodens mit Stärkefabrikabwässern unter Getreide wird, wegen Möglichkeit der Getreidelagerung und verhältnismässig geringer wirtschaftlichen Effekte, nicht empfohlen. Die Getreidepflanzen dürfen deswegen in der Fruchtfolge nur im zweiten und dritten Jahr nach der Bewässerung angebaut werden.

4. Als die auf leichten Böden am meisten rationellen Abwassergaben können für Grünland, Futterrüben, Mais, Sonnenblume und Kohl 400—800 mm, für Zuckerrüben, Kartoffeln, Mohrrüben und Öl-Sonnenblume 200—400 mm und für Getreide etwa 100 mm empfohlen werden.

5. Für die landwirtschaftliche Verwertung von Stärkefabrikabwässern sollten in erster Linie die Flächen mit leichten Böden, die Kulturpflanzen- und Abwassergabenwahl freistellen und auf welchen dank der Abwasserbewässerung sich sehr gute Bedingungen für eine rationelle Ausnutzung eines jeden Kubikmeters von Abwässern bilden, bestimmt werden. Auf den mit Abwasser bewässerten bindigen Böden können in erster Linie die zur führenden Gruppe gehörenden, unter Punkt 1 erwähnten Kulturpflanzen angebaut werden.

6. Zwecks rationeller Ausnutzung der in Stärkefabrikabwässern enthaltenen Düngungsstoffe, unabhängig von Niederschlägen, wäre es angebracht, den Objekten der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung die Möglichkeit der Klarwasserzuleitung für anfeuchtende Bewässerungen in kritischen Fristen des Wasserbedarfes der Pflanzen zu sichern.