

ZUŻYCIE WODY PRZEZ WYBRANE GATUNKI ROŚLIN UPRAWNYCH W ZRÓŻNICOWANYCH WARUNKACH NAWOŻENIA AZOTEM

WATER CONSUMPTION OF SOME CROPS SPECIES UNDER DIFFERENTIATED CONDITIONS OF NITROGEN FERTILIZATION

Janusz Igras

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Puławy

Wstęp

Wielkość plonów roślin w znacznym stopniu zależy od zaopatrzenia ich w wodę, zwłaszcza w tzw. okresach krytycznych pod względem gospodarki wodnej (2,4,6,7). Dotychczas brakuje bezpośrednich metod oznaczania ilości wody pobranej lub wytranspirowanej przez rośliny w warunkach polowych. Dlatego też, w warunkach uprawy polowej ilość wody zużywanej z profilu glebowego szacuje się z przekształconego równania bilansu wodnego gleby, które określa polowe zużycie wody (PZW). Polowe zużycie wody jest to ilość wody zużywana na transpirację roślin, parowanie z powierzchni gleby oraz odpływ do głębszych warstw profilu. Przyjmuje się często, że polowe zużycie wody stanowi ewapotranspirację rzeczywistą łąn roślin (ET_r) (6,9,13).

Plony osiągalne roślin zależą od ewapotranspiracji rzeczywistej, a stosunek plonów osiągalnych roślin do potencjalnych jest skorelowany ze stosunkiem ewapotranspiracji rzeczywistej do ewapotranspiracji potencjalnej (ET_p) (2,6,7).

Jednym z czynników o bardzo silnym działaniu plonotwórczym jest nawożenie azotem. Wpływ nawożenia azotem na polowe zużycie wody oraz łączny wpływ obydwu czynników na plony roślin nie jest do końca rozpoznany.

Do pomiaru wilgotności gleby wykorzystano nowoczesną technikę - sondę neutronową z wbudowanym komputerem, co umożliwiło śledzenie wilgotności gleby w okresie wegetacji w krótkich przedziałach czasowych a poprzez to dokładne wyznaczenie zużycia wody przez rośliny w poszczególnych fazach.

Celem podjętych badań było określenie polowego zużycia wody przez wybrane gatunki roślin uprawy polowej w zależności od nawożenia azotem oraz określenie wpływu współczynnika PZW/ETp na plony podstawowych roślin ozimych i jarych.

Material i metody badań

Do badań wykorzystano ustabilizowane, ściśle doświadczenie polowe (założone metodą split-plot) zlokalizowane w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym w Grabowie (woj. radomskie). Doświadczenie prowadzono w układzie dwóch czteropolowych zmianowań (tab. 1), dwoma polami roślin równocześnie, w czterech powtórzeniach, co umożliwiło przebadanie ośmiu gatunków roślin w ciągu dwóch lat - 1994-95. W zmianowaniu I uprawiano następujące rośliny: pszenicę ozimą (odmiany Almari), pszenżyto ozime (Prego), ziemniak bardzo wczesny (Aster) i rzepak ozimy (Leo), a w zmianowaniu II burak cukrowy (PN - Mono 4), pszenicę jara (Igna), kukurydzę na ziarno (LG - 5) oraz ziemniak średnio późny (Irga).

Tabela 1. Dawki nawozów azotowych w kg N/ha pod poszczególne rośliny
Table 1. Nitrogen doses in kg N/ha for each crops

Roślina <i>Crop</i>	Dawki azotu <i>Nitrogen doses</i>				
	N0	N1	N2	N3	N4
pszenica ozima <i>winter wheat</i>	0	30	60	90	120
ziemniak bardzo wczesny <i>early potato</i>	0	25	50	75	100
burak cukrowy <i>sugar beet</i>	0	45	90	135	180
kukurydza <i>maize</i>	0	45	90	135	180
pszenżyto ozime <i>triticale</i>	0	25	50	75	100
rzepak ozimy <i>winter rape</i>	0	40	80	120	160
pszenica jara <i>spring wheat</i>	0	30	60	90	120
ziemniak średnio późny <i>late potato</i>	0	30	60	90	120

Doboru odmian dokonano uwzględniając warunki glebowe i rejon uprawy.

Czynnikiem doświadczenia było nawożenie azotowe zastosowane na czterech poziomach: (N1, N2, N3, N4) oraz obiekt kontrolny - N0 (tab. 1). W trakcie wegetacji dokonywano oceny wzrostu i rozwoju roślin charakteryzując fazy rozwojowe według skal: Zadoksa - rośliny zbożowe, BBA - rzepak, kukurydzę i ziemniak, oraz BBA zmodyfikowanej - burak cukrowy.

Doświadczenie zlokalizowane było na glebie płowej wykształconej z gliny średniej o różnej głębokości spiaszczenia, zaliczanej do kompleksu żytnio-ziemniaczanego bardzo dobrego. Niewielkie, rozproszone powierzchnie zajmowały gleby brunatne wykształcone z piasków naglinowych, zaliczane do kompleksu żytniego dobrego. Pomiary uwilgotnienia gleby wykonywano na obiekcie kontrolnym (N0), drugim (N2) i czwartym (N4) poziomach azotu, w 4 powtórzeniach. Wilgotność gleby mierzono przy pomocy skomputeryzowanej sondy neutronowej CPN 503 DR Hydroprobe, z częstotliwością co 7 dni w ciągu okresu wegetacji, pod wszystkimi uprawianymi roślinami. Na każdym polu mierzono wilgotność gleby w 12 punktach pomiarowych na 7 głębokościach profilu glebowego: 20, 30, 40, 50, 60, 80 i 100 cm. Przed rozpoczęciem pomiarów dokonano kalibracji sondy neutronowej na poszczególnych głębokościach pomiarów odnosząc odczyty z sondy do wyników wilgotności uzyskanych przy pomocy metody suszarkowej.

Polowe zużycie wody (PZW) obliczono według wzoru Baca:

$$PZW \text{ (mm)} = Z_{DJ-n} + P - Z_{DJ}$$

gdzie:

Z_{DJ-n} - zapas wody w określonej warstwie gleby na początku okresu pomiarowego (mm)

P - opady (mm)

Z_{DJ} - zapas wody w określonej warstwie gleby na końcu okresu pomiarowego (mm) i założono, że stanowi ono ewapotranspirację rzeczywistą łąnu roślin.

Ewapotranspirację potencjalną (ETp) policzono według wzoru Penmana. Terminy pomiarów wilgotności wyrażono w dniach kalendarza juliańskiego (DJ).

Jako kryterium oszacowania równań regresji przyjęto względny średni standardowy błąd oceny (RRMSE), który wyrażono w procentach:

$$RRMSE \text{ (\%)} = (100/X) * RMSE$$

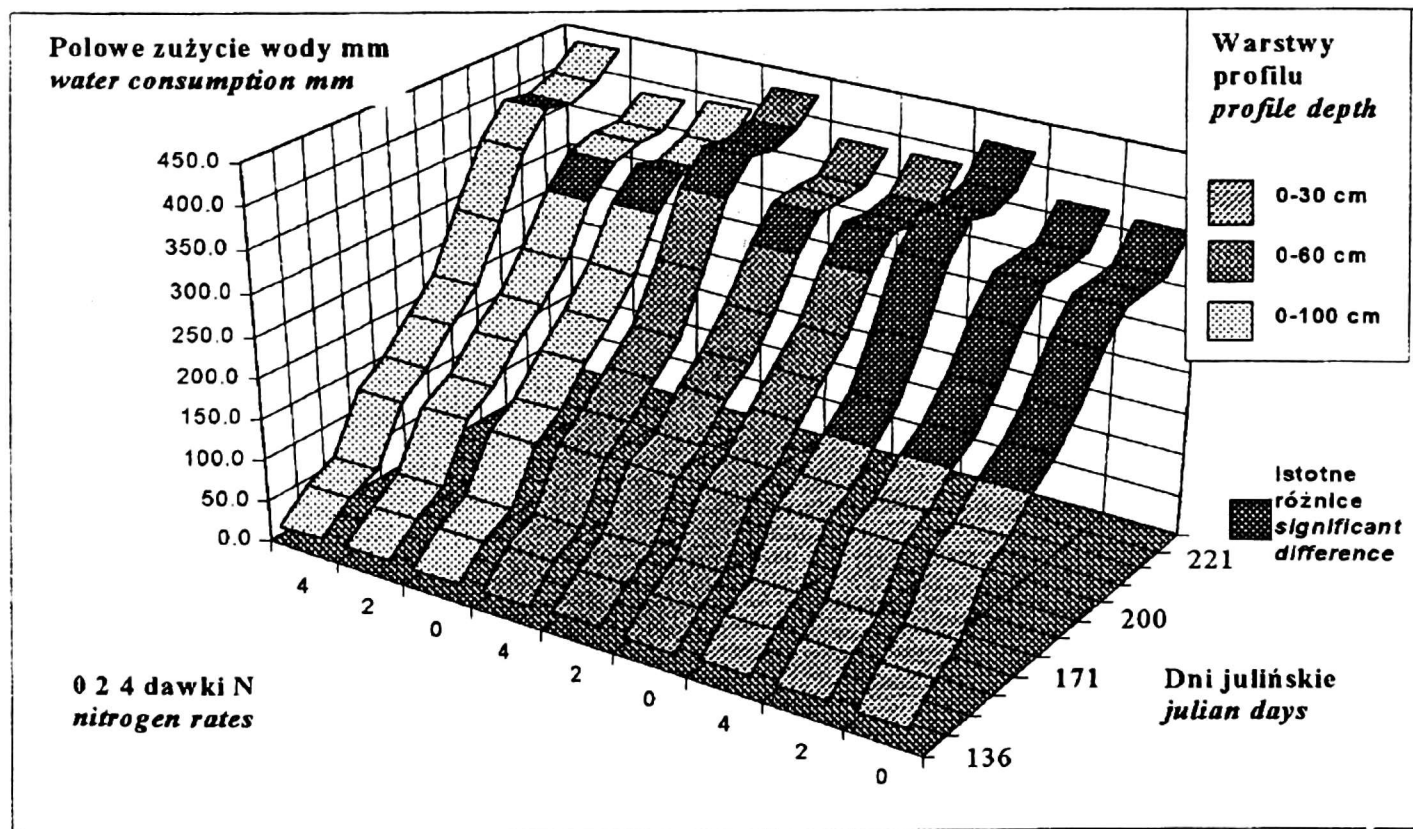
gdzie:

X- średnia wartość zmiennej zależnej z pomiaru,

RMSE - standardowy błąd równania regresji.

Wyniki

Polowe zużycie wody (PZW) w ciągu okresu wegetacyjnego, liczone od początku do końca wegetacji roślin było zróżnicowane dla gatunków roślin i niezależne od dawek nawozów azotowych. Pomimo wyraźnego przyrostu PZW pod wpływem wzrastających dawek azotu nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic pomiędzy poszczególnymi obiektami nawozowymi. Udowodniono natomiast istotne różnice PZW ziemniaków bardzo wczesnych, pszenżyta ozimego i pszenicy jarej w zależności od dawek azotu w fazach intensywnego przyrostu biomasy tych roślin.

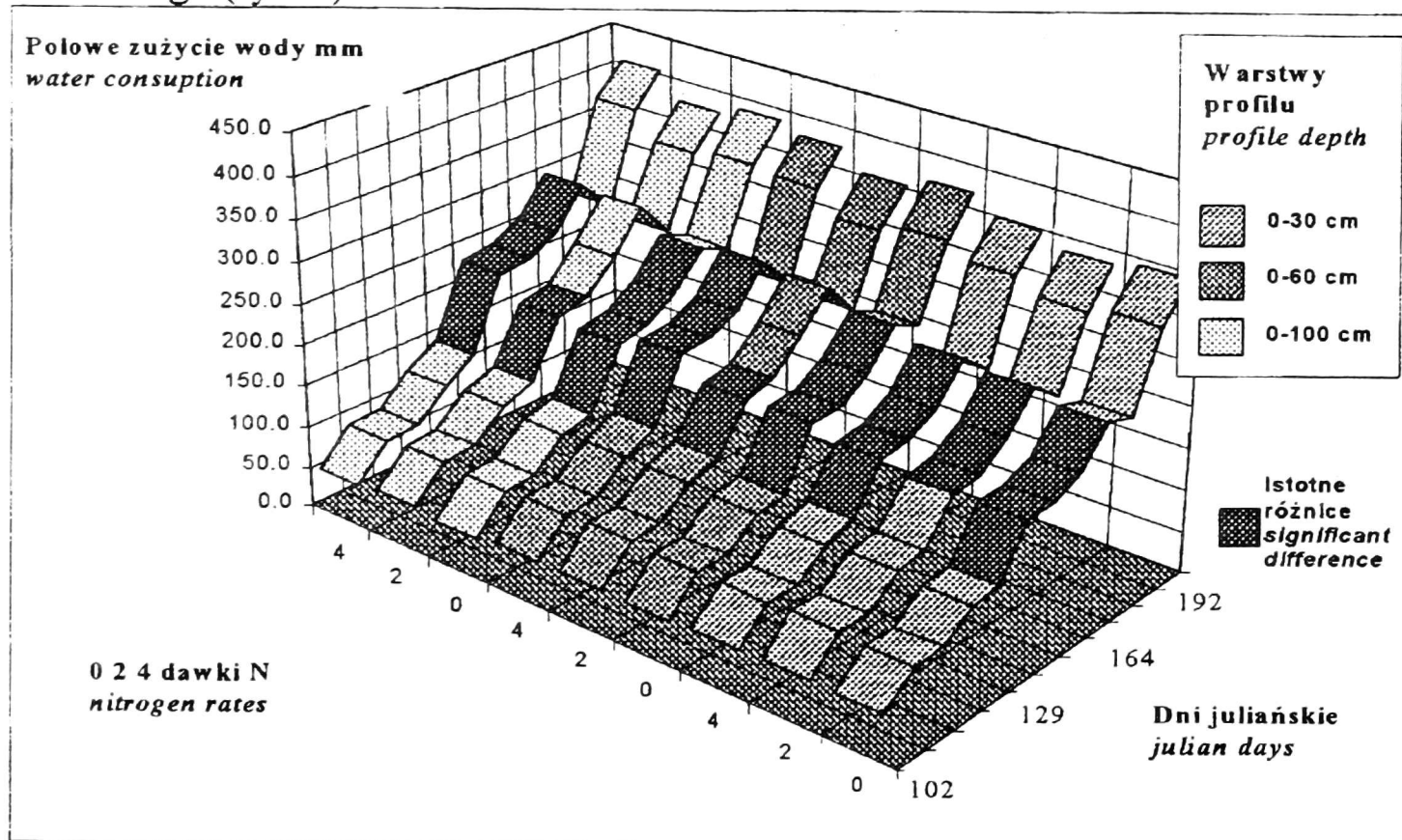


Rysunek 1. Zróżnicowanie PZW ziemniaków bardzo wczesnych w zależności od dawek azotu (istotne różnice w warstwie 0-30 cm - fazy: kwitnienie - dojrzewanie bulw, w warstwach 0-60 i 0-100 cm - faza żółknięcia roślin)

Figure 1. Early potato water consumption considering nitrogen rates (significant differences in the depth of 0-30 cm - stages: flowering - tuber maturity, in the depth of 0-60 i 0-100 cm - yellowing)

Zakres istotnych różnic zmieniał się w poszczególnych warstwach profilu glebowego, wraz z zasięgiem systemu korzeniowego roślin. W glebie pod ziemniakami bardzo wczesnymi istotnie wyższe zużycie wody zanotowano na czwartej dawce azotu w stosunku do obiektu kontrolnego i do drugiej dawki azotu w

warstwie od 0 do 30 cm, od początku fazy kwitnienia ziemniaków do dojrzewania bulw (rys. 1). W warstwach o miąższości 0-60 cm i 0-100 cm istotne różnice w zużyciu wody ujawniły się nieco później, tj. w fazie żółknięcia roślin, na skutek wyczerpania zapasu wody dostępnej z płytszych warstw gleby. W glebie pod pszenżytem ozimym istotne różnice PZW wystąpiły równocześnie od końca fazy strzelania w źdźbło do kwitnienia we wszystkich wyodrębnionych warstwach (rys. 2). Pszenica jara zużywała istotnie więcej wody na czwartej dawce azotu w fazie kwitnienia w warstwie 0-30 cm oraz w profilu 0-100 cm, w stosunku do obiektu kontrolnego (rys. 3).

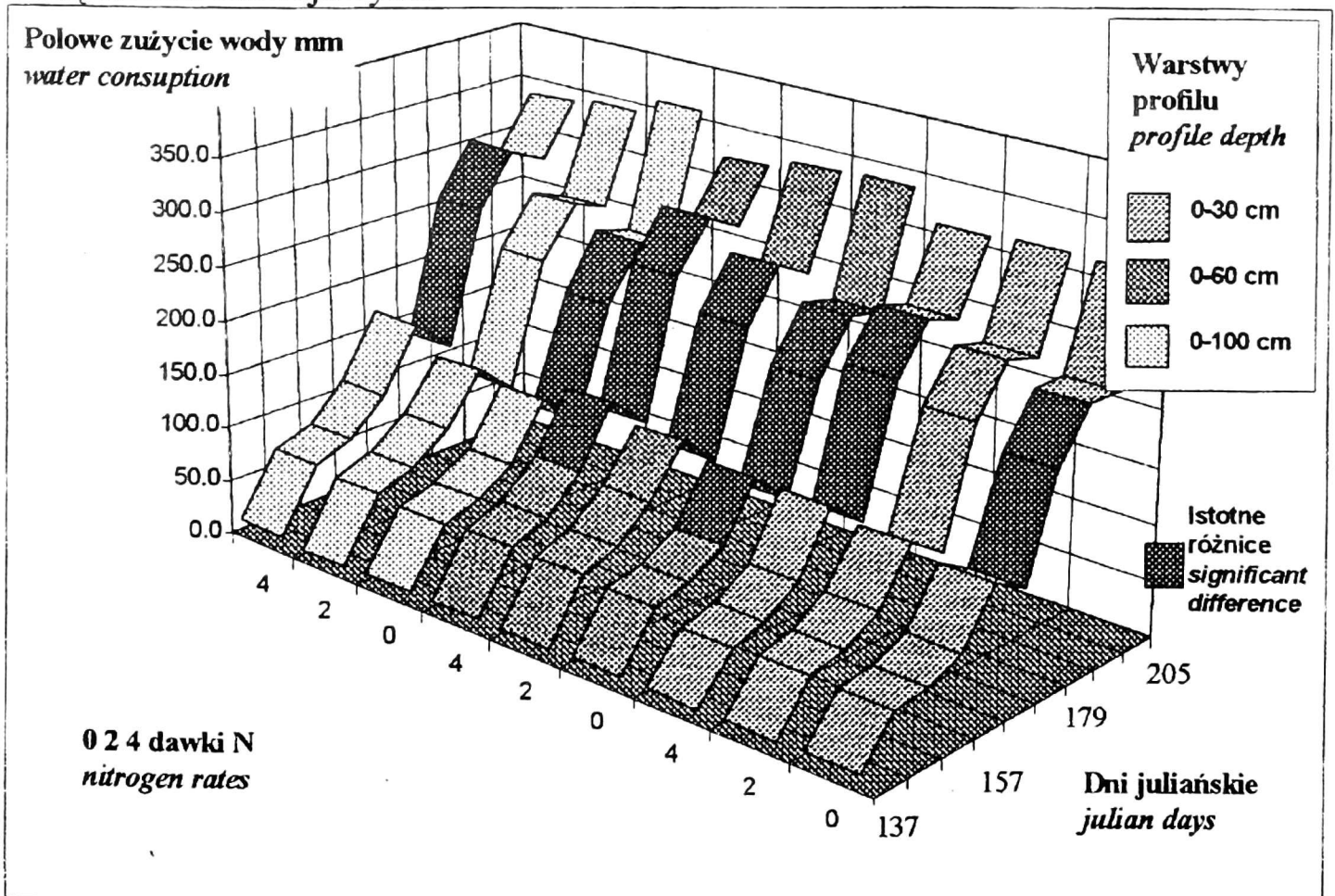


Rysunek 2. Zróżnicowanie PZW pszenżyta ozimego w zależności od dawek azotu (istotne różnice we wszystkich wyodrębnionych warstwach gleby - od połowy fazy strzelania w źdźbło do końca fazy kwitnienia)

Figure 2. Triticale water consumption considering nitrogen rates (significant differences on the each soil depths - stages: half of shooting to the end of flowering)

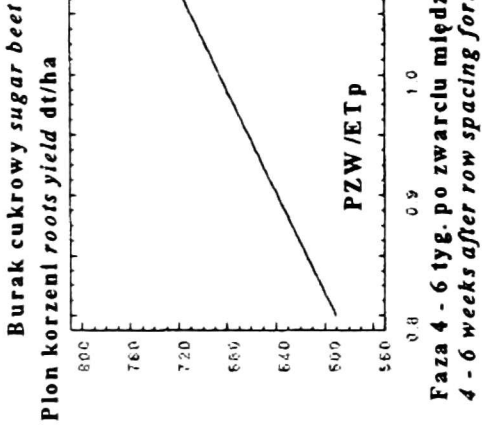
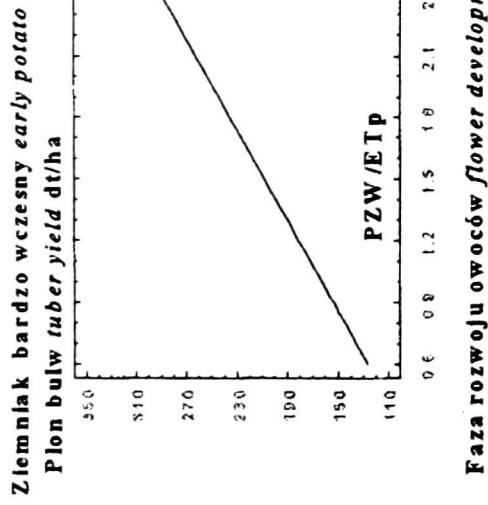
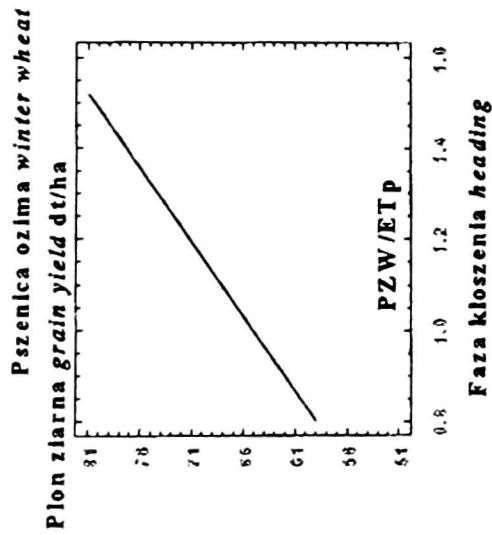
W warstwie 0-60 cm istotnie wyższe zużycie wody zanotowano na czwartym poziomie azotu w stosunku do obiektu kontrolnego od końca fazy strzelania w źdźbło do początku fazy rozwoju dojrzałości mleczej, a w fazie kwitnienia i początku rozwoju dojrzałości mleczej również w stosunku do drugiej dawki azotu.

Wpływ współczynnika PZW/ETp na plony badano we wszystkich fazach rozwojowych roślin, z zastosowaniem regresji wielokrotnej. Za krytyczne pod względem zaopatrzenia roślin w wodę, przyjęto fazy rozwojowe, w których wystąpiły istotne statystycznie zależności pomiędzy współczynnikiem PZW/ETp a plonami roślin. Były to fazy, na które przypadał intensywny przyrost biomasy - o największym dobowym zużyciu wody (rys. 4 i 5). Większe plony roślin uzyskiwano dla wyższych wartości współczynnika PZW/ETp. Nie stwierdzono istotnego wpływu współczynnika PZW/ETp na plony zielonej masy kukurydzy i nasion rzepaku ozimego co było prawdopodobnie spowodowane drastycznym zachwianiem stosunków wilgotnościowych gleby w krytycznych pod względem zaopatrzenia w wodę fazach rozwojowych.



Rysunek 3. Zróżnicowanie PZW pszenicy jarej w zależności od dawek azotu (istotne różnice w warstwie 0-30 cm i w profilu 0-100 cm - faza kwitnienia, w warstwie 0-60 cm - fazy: strzelanie w źdźbło - początek rozwoju dojrzałości mleczej)

Figure 3. Spring wheat water consumption considering nitrogen rates (significant differences in the depth of 0-30 cm and the profile 0-100 cm - flowering stage, in the depth 0-60 cm - stages: shooting - to start with milk stage)



$$P = 33,323 + 30,584 \text{ PZW/ETp}$$

$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 21,6\% \quad R^2 = 0,42$$

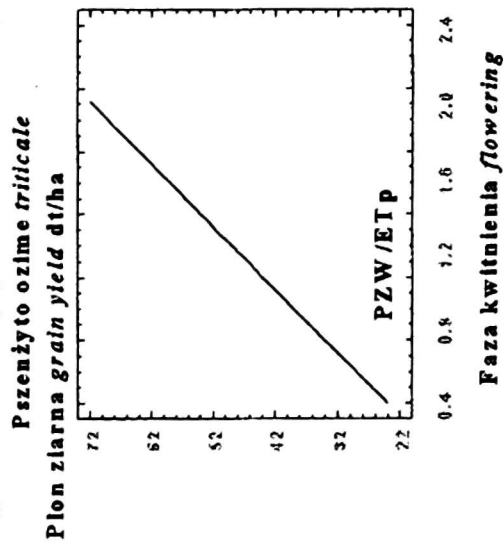
$$P = 72,451 + 90,789 \text{ PZW/ETp}$$

$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 17,8\% \quad R^2 = 0,55$$

$$P = 98,086 + 582,698 \text{ PZW/ETp}$$

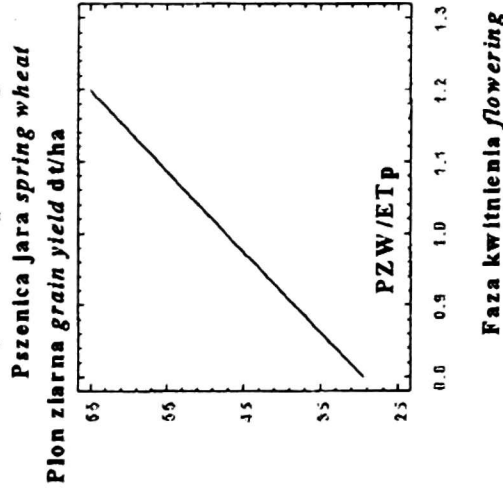
$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 25,4\% \quad R^2 = 0,36$$

Rysunek 4. Zależność plonów roślin (P dt/ha) uprawianych w 1994 roku od współczynnika PZW/ETp
Figure 4. Crop yields (P. dt/ha) cultivated in 1994 year depending on a PZW/ETp coefficient



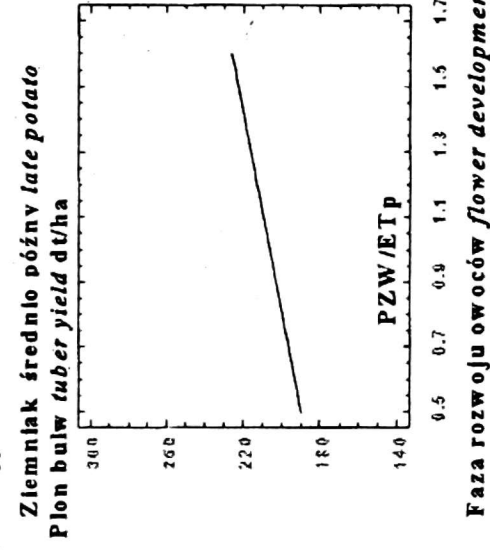
$$P = 24,019 + 25,062 \text{ PZW/ETp}$$

$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 11,2\% \quad R^2 = 0,60$$



$$P = -43,396 + 88,972 \text{ PZW/ETp}$$

$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 10,1\% \quad R^2 = 0,67$$



$$P = 178,745 + 23,888 \text{ PZW/ETp}$$

$$n = 24 \quad \text{RRMSE} = 19,2\% \quad R^2 = 0,37$$

Rysunek 5. Zależność plonów roślin (P dt/ha) uprawianych w 1995 roku od współczynnika PZW/ETp
Figure 5. Crop yields (P. dt/ha) cultivated in 1995 year depending on a PZW/ETp coefficient

Dyskusja wyników

Zależność pomiędzy zużyciem wody przez rośliny, a wielkością wyprodukowanej biomasy modyfikowana jest przez szereg czynników agrotechnicznych (3,4,5,10,12). Większy plon, wiążący się z wysokim zagęszczeniem roślin w łanie oraz dużą powierzchnią transpirującą liści, powoduje zmniejszenie parowania z gleby i jednocześnie wzmaga transpirację, szczególnie w okresach wzmożonych potrzeb wodnych, co wywiera wpływ na pobranie wody z gleby (11). Brak istotnych różnic w polowym zużyciu wody pod wpływem dawek azotu w początkowych i końcowych fazach wzrostu wynika z faktu, że przyrost biomasy jest niewielki a o polowym zużyciu wody decyduje parowanie glebowe, które przeważa znacznie nad transpiracją. Ewaporacja nie wpływa na różnicowanie się polowego zużycia wody. W związku z tym istnieje potrzeba stosunkowo częstych pomiarów wilgotności gleby w fazach intensywnego przyrostu biomasy roślin (8,11). W fazach krytycznych zaopatrzenia roślin w wodę stosunek PZW/ETp decyduje o plonach roślin (1,2,6,7).

W przeprowadzonych badaniach istotny wpływ współczynnika PZW/ETp na plon roślin wystąpił w fazach, w których dobowe zużycie wody było największe. Były to fazy krytyczne pod względem zaopatrzenia roślin w wodę. Istotny wpływ stosunku PZW/ETp na plon ziarna pszenicy ozimej udowodniono w fazie kłoszenia. Wskaźnik PZW/ETp w tej fazie wahał się w granicach od 0.8 do 1.6 a średnie dobowe zużycie wody dochodziło do 7 mm. Wskaźnik PZW/ETp poniżej jedności nie zapewniał wysokich plonów. Podobne zależności uzyskała Nagowiecka (6), w badaniach przeprowadzonych na glebach lessowych i piaszczystych. Również Dorenboos i Kassam (2) dochodzą do wniosku, że największą wrażliwość na niedobór wody wykazują rośliny zbożowe w fazach kłoszenia kwitnienia i rozwoju nasion. Dla pozostałych badanych roślin udowodniono wpływ współczynnika PZW/ETp na plon w następujących fazach: dla ziemniaków - w fazie rozwoju owoców, dla buraków cukrowych - w fazie od 8 do 10 tygodni po zwarciu międzyrzędzi, a dla pszenżyta ozimego i pszenicy jarej w fazie kwitnienia. Z przeprowadzonej analizy wynika, że dla zapewnienia wysokich plonów współczynnik PZW/ETp w fazach krytycznych powinien być wyższy od jedności. Uzyskane wyniki są zgodne z podawanymi przez Dorenbosa i Kassama (2), którzy w tych samych fazach rozwojowych roślin uzyskali najściślejszą zależność pomiędzy plonami roślin a tzw. „deficytem ewapotranspiracji - ETr/ETp ”.

Wnioski

Polowe zużycie wody (PZW) w całym okresie wegetacji było niezależne od wielkości dawek nawozów azotowych. Tylko w fazach intensywnego wzrostu ziemniaków bardzo wczesnych, pszenżyta ozimego i pszenicy jarej stwierdzono wzrost PZW wraz ze wzrostem dawek nawozów.

Stwierdzono istotną zależność pomiędzy PZW/ET_p, mierzonym w fazach intensywnego wzrostu i rozwoju, a plonem roślin. Wskaźnik PZW/ET_p poniżej jedności nie zapewniał wysokich plonów.

Literatura

1. Bonachella S., Orgaz F., Fereres E. 1995. Winter cereals grown for grain and for the dual purpose of forage plus grain. II: Water use and water-use efficiency. *Field Crops Research*, 44: 13-24.
2. Doorenbos J., Kassam A.H. 1979. Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, no. 33. Rome: 1-176.
3. Dzieżyc J., Trybała M. 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 377: 179-195.
4. Listowski A. 1983. *Agroekologiczne podstawy uprawy roślin*. PWN Warszawa: 236 ss.
5. Mazurczyk W. 1995. Modelowanie potencjalnej produktywności oraz czynników kształtujących nagromadzenie biomasy i plonu bulw w łąkach ziemniaka. *Wyd. Fundacja „Rozwój SGGW”*, Warszawa: 54 ss.
6. Nagowiecka H. 1978. Wskaźniki zużycia i potrzeb wodnych w produkcji roślinnej w rejonie Krakowa. *Zesz. Nauk AR Kraków*. z. 58: 24-32.
7. Nagowiecka H. 1983. Wskaźniki ewapotranspiracji dla okolic Krakowa obliczone różnymi wzorami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 277: 157-167.
8. Samorowski C., Marcilonek S., Mitosek H. 1968. Polowe zużycie wody przez niektóre rośliny uprawne w Polsce. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 82: 155-165.
9. Samacka S. 1983. Wyznaczanie ewapotranspiracji rzeczywistej na podstawie ewapotranspiracji potencjalnej. *Zeszyty Probl. Post. Nauk Roln.* 277: 219-226.
10. Ślusarczyk E. 1978. Wpływ wielkości biomasy na pobieranie wody z gleby. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 228: 115-126.
11. Tymińska K., Zawora T. 1970. Plonowanie niektórych zbóż na tle ich polowego zużycia wody. *Zesz. Nauk. WSR Krak.* 59 *Melior.* z. 4: 12-19.
12. van Keulen H., Wolf J. 1986. *Modeling of agricultural production: weather, soils and crops*. PUDOC, Wageningen. 453 ss.

13. Wiercioch T. 1983. Przegląd i weryfikacja metod wyznaczania parowania terenowego na podstawie danych meteorologicznych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 277: 226-241.

Summary

Water consumption of some crops species under differentiated conditions of nitrogen fertilization. In the paper the results of two years (1994-1995) investigations on water consumption by winter: wheat, triticale, rape and spring crops: winter, sugar beet, maize and early and late potatoes grown on different nitrogen doses are presented. The soil moisture was measured in weekly intervals by means of neutron probe provided with computer. The influence of nitrogen doses on water consumption was determined. During stages of intensive plant biomass increase significant effect of PZW/ETp ratio on the crop yield was found. The water consumption in the vegetation period was independent on nitrogen doses.

Janusz Igras
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8