*INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH*
*INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS*

Nr 9/2009, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 33–44
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

*Kazimierz Chmura, Elżbieta Chylińska, Zenobiusz Dmowski, Lech Nowak*

# ROLA CZYNNIKA WODNEGO W KSZTAŁTOWANIU PLONU WYBRANYCH ROŚLIN POLOWYCH

# *ROLE OF THE WATER FACTOR IN YIELD FORMATION OF CHOSEN FIELD CROPS*

**Streszczenie**

Na podstawie przeprowadzonych w katedrze badań oraz danych literaturowych przedstawiono wskaźniki opadów optymalnych i potrzeb wodnych wybranych roślin uprawnych (zbożowych, okopowych i motylkowych). Stwierdzono, że zarówno niedobory, jak i nadmiary opadów miały niekorzystny wpływ na plon. Powodowały obniżki plonów odpowiednio: dla zbóż o 2-27 i 3–21%, ziemniaków o 4–45 i 3–30%, buraków cukrowych o 2–43 i 14–19%, buraków pastewnych o 16–73 i 8–28%, roślin strączkowych o 5–42 i 21–40% i roślin motylkowych o 3–34%.

Produktywność 1 mm wody pochodzącej z opadów była wyższa w porównaniu z produktywnością wody pochodzącej z deszczowania. Obliczony wskaźnik produktywności wody z deszczowania do wody z opadów kształtował się w przedziale 40–90%.

Deszczowanie podnosiło plony pszenicy ozimej i jęczmienia jarego o 20%, pszenicy jarej o 25%, ziemniaków o 47 i 55%, zaś buraków cukrowych o 10–40%.

**Słowa kluczowe**: czynnik wodny, potrzeby wodne, deszczowanie, plon, rośliny uprawne, zboża, okopowe, motylkowe

***Summary***

*On the basis of research done in the Department and literature data, indices of optimal precipitation and water needs of selected crops (cereals, root plants and papilionaceae) have been determined. It was found that both insufficient and excessive precipitation affected yield adversely. It caused the following decreases in yields: cereals 2–27 and 3–21%, potato 4–45 and 3–30%, sugar beetroot 2–43 and 14–19%, fodder beet 16–73 and 8–28%, legumes 5–42 and 21–40%, and papilionaceae 3–34%, respectively.*

*Productivity of 1 mm water from precipitation was higher compared with productivity induced by sprinkling. The calculated index of productivity for water from sprinkling relative to water from precipitation was in the range 40–90%.*

*Sprinkling increased the yield of winter wheat and spring barley by 20%, spring wheat by 25%, potato 47 and 55%, and sugar beet 10–40%.*

***Key words**: water factor, water needs, sprinkling, yield, crops, cereals, root crops, legumes*

## WPROWADZENIE

Woda należy do związków nieorganicznych i jest niezbędna do życia wszelkich organizmów. Jest ona czynnikiem, którego nie można zastąpić innymi. Spełnia w roślinach różnorodne funkcje, tj. decyduje o rozpuszczaniu składników pokarmowych i ich transporcie, ciśnieniu turgorowym, bierze udział w procesie fotosyntezy i oddychania, ma wpływ na regulację temperatury i przebieg procesów biochemicznych, a w konsekwencji na plon (ilość i jakość).

Spośród wielu czynników siedliska wpływających na plon roślin, człowiek może dość skutecznie regulować zaopatrzenie w wodę. Z analizy warunków klimatycznych Polski wynika, że co 5–6 lat występują lata suche, co 10–11 – lata bardzo suche. Okresowe, trwające kilka tygodni niedobory opadów występują jednak co roku. Są one groźne dla produkcji rolnej, szczególnie na glebach lekkich zajmujących ponad połowę powierzchni użytków rolnych w Polsce.

Badania z zakresu niedoborów wodnych roślin uprawnych są dość liczne, o czym świadczy wiele publikacji [Dzieżyc i in. 1986; Dzieżyc i in. 1987b; Dzieżyc i in. 1980; Dmowski 1986; Ostrowski i in.2008; Panek 1993; Panasiewicz, Koziara 2007].

## OKRESY KRYTYCZNE

Stwierdzono, że zapotrzebowanie roślin na wodę jest związane z gatunkiem i fazą rozwojową. Wzrasta w miarę przyrostu masy i transpiracji. Największe zapotrzebowanie przypada zwykle na okres krytyczny w rozwoju, w którym jest ona wyjątkowo wrażliwa na określony czynnik rozwojowy. Odpowiada to fazom pod koniec rozwoju wegetatywnego i na początku tworzenia organów generatywnych. W cyklu rozwojowym roślin jednorocznych odnośnie zapotrzebowania na wodę wyróżnia się trzy okresy, tj. kiełkowanie nasion i okres początkowego rozwoju (niewielkie zapotrzebowanie na wodę), okres intensywnego wzrostu i rozwoju wegetatywnego oraz rozwoju generatywnego do kwitnienia i zawiązywania owoców, nasion (duże zapotrzebowanie na wodę), okres wykształcania i dojrzewania owoców i nasion (systematycznie zmniejszające się zapotrzebowanie na wodę). Deficyt wody w poszczególnych fazach rozwoju roślin wywołuje różne skutki.

I tak np. **okres krytyczny roślin zbożowych** przypada na fazy: strzelanie w źdźbło – kłoszenie, wykształcanie i nalewanie ziaren. Skutki niedoboru wody są następujące: w fazie kiełkowania następuje przerzedzenie wschodów; w fazie krzewienia zahamowanie rozwoju części nadziemnych i korzeni, zmniejszenie liczby źdźbeł i kłosów oraz kłosków w kłosie; w fazie strzelania w źdźbło mniejsza jest powierzchnia asymilacyjna, przyrost organów wegetatywnych oraz mały plon słomy i ziarna; w fazie kłoszenia i kwitnienia następuje słabe wykształcenie kłosa, zmniejszenie liczby ziaren w kłosie, powstają kłosy przestrzelone (puste); w fazie dojrzałości mlecznej deficyt wody powoduje słabe wykształcenie ziarna i zmniejszenie plonu. W czasie kwitnienia sprzyjająca jest raczej pogoda bezdeszczowa, natomiast po przekwitnięciu konieczne są opady w celu dobrego wypełnienia ziarna. Skutkiem nadmiaru wody jest opóźnienie dojrzewania, wzrost porażenia chorobami, porastanie ziarniaków.

Okres krytyczny **ziemniaka** przypada na fazy: zawiązywanie pąków kwiatowych – kwitnienie – formowanie bulw – żółknięcie roślin (tworzenie plonu). W okresie od sadzenia do wschodów korzysta z zapasów wody zgromadzonych w bulwie matecznej. W okresie od wschodów do tworzenia pąków kwiatowych potrzeby wodne są również niewielkie. Od tworzenia pąków kwiatowych (okres wiązania bulw – tuberyzacja) potrzeby wodne systematycznie zwiększają się; brak wody hamuje wzrost roślin i tuberyzację; zwiększa ryzyko porażenia parchem zwykłym. W fazie od kwitnienia do dojrzewania roślin (żółknięcia liści) zapotrzebowanie jest największe; brak opadów skraca okres kwitnienia i wegetacji, pogarsza strukturę i masę plonu. Nadmiar wody powoduje przedłużenie kiełkowania i wschodów, zmniejszenie gromadzenia skrobi w bulwach, zwiększenie porażenia zarazą ziemniaka.

Fazy krytyczne **buraka** to okres: zwarcie rzędów – intensywne grubienie korzenia (ok. 60 dni), powstaje wówczas do 55 liści. Niedobór hamuje rozwój liści, zmniejsza masę korzeni i wydajność fotosyntezy. Nadmiar obniża zawartość cukru w korzeniach.

Okres krytyczny dla **roślin motylkowych wieloletnich** (koniczyna, lucerna) obejmuje fazy dynamicznego przyrostu masy organów wegetatywnych – zawiązywania pąków kwiatowych – kwitnienia. Niedobory wody hamują przyrost masy łodyg i liści, słabe zapylanie przez owady (brak nektaru). Nadmiar może powodować wyleganie, a w okresie kwitnienia utrudniać zapylanie przez owady, zawiązywanie strąków, zbiory. Okres krytyczny **strączkowych** to fazy: zawiązywanie pąków kwiatowych – kwitnienie – zawiązywanie strąków – dojrzewanie. Niedobór wody powoduje zrzucanie pąków kwiatowych, zmniejszenie liczby strąków, nieregularne ich rozmieszczenie na łodydze. Nadmiar przedłuża wegetację, opóźnia dojrzewanie, zwiększa porażenie grzybami, powoduje kiełkowanie nasion w strąkach.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że zarówno w latach posusznych, jak i przy nadmiernych opadach występują znaczne spadki plonu wielu roślin

uprawnych. W latach posusznych niedostateczna ilość opadów i wody w glebie nie zaspokaja w pełni procesu kiełkowania i wschodów, rozwoju wegetatywnego oraz organów generatywnych. Ogranicza także wykorzystanie składników pokarmowych. Prowadzi do zaburzenia działalności mikroflory glebowej. Skutki pojawiają się najwcześniej na glebach lekkich, o niskiej retencji.

Nadmiar opadów powoduje straty w wyniku nieco innych przyczyn. Początkowo rośliny wyglądają dobrze lub bardzo dobrze, plon zapowiada się obfity. W okresie późniejszym następuje jednak nasilenie chorób grzybowych, zwiększone wyleganie roślin zbożowych, strączkowych i przemysłowych, porastanie ziarna, straty podczas suszenia siana.

## POTRZEBY, NIEDOBORY I NADMIARY WODY

W warunkach doświadczeń ścisłych, potrzeby wodne definiuje się na ogół wysokością plonu rośliny przy optymalnym zaopatrzeniu w wodę i podaje w milimetrach. W literaturze wielkości te bywają określane jako potrzeby opadowe, bądź opady optymalne. Wysokość tych potrzeb zależy od: gatunku rośliny, poziomu plonowania, ilości i rozkładu opadów, retencji gleb, ewapotranspiracji i in. Najczęściej są to średnie dla danej rośliny. Na podstawie przeprowadzonej w Katedrze Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska we Wrocławiu pod kierunkiem J. Dzieżyca, syntezy krajowych doświadczeń agrotechnicznych, stwierdzono wyraźne zależności między wysokością plonów roślin uprawnych a sumą opadów w okresie wegetacji [Biniak i in. 2007; Chmura 2001; Dzieżyc i in. 1987a; Dzieżyc i in. 1990; Dmowski, Dzieżyc 2009; Dmowski i in. 2008; Panek 1987]. Za optymalne opady w okresie wegetacji przyjęto takie, w przedziale których wystąpiły najwyższe plony.

W ostatnio wydanym *Atlasie niedoborów wodnych roślin uprawnych* [Ostrowski i in. 2008] podano potrzeby wodne wybranych roślin uprawnych, które powstały na bazie wyników wcześniej opublikowanych przez różnych autorów. Dane te, jak podają twórcy, są wartościami średnimi dla wiosenno-letniego okresu wegetacji roślin, z uwzględnieniem zapasów wody w glebie (tab. 1).

W tabeli 2 zamieszczono wskaźniki obniżek plonu roślin uprawianych w glebach lekkich, średnich i ciężkich na skutek niedoboru lub nadmiaru opadów w odniesieniu do opadów optymalnych dla maksymalnych plonów. Dane źródłowe pochodziły z ostatnich 40 lat badań COBORU.

Zarówno niedobory, jak i nadmiary opadów powodowały zniżki plonów. Opady optymalne dla zbóż ozimych i jarych wahały się w przedziale 230–300 mm. W przypadku zbóż ozimych niedobory opadów powodowały obniżenie plonu o 5–21%, a zbóż jarych o 2–27%. Nadmiary opadów obniżały plon odpowiednio o 5–21% dla ozimych i o 3–17% dla jarych.

**Tabela 1.** Potrzeby opadowe roślin w okresie wiosenno-letniej wegetacji, w mm
**Table 1.** Water needs of crops during the spring-summer vegetation, in mm

| Roślina / Plant | Potrzeby opadowe / Water needs [wg KRKPŚ] | Potrzeby wodne / Water needs [wg Ostrowski i in. 2008] |
|---|---|---|
| Żyto / Rye | 240–300 | 250–280 |
| Pszenica ozima / Winter wheat | 230–250 | 270–300 |
| Pszenica jara / Spring wheat | 230–300 | – |
| Jęczmień jary / Spring barley | 240–300 | 360–370 |
| Owies / Oat | 250–300 | 290–340 |
| Ziemniak wczesny / Early potato | 230–280 | 280–330 |
| Ziemniak późny / Late potato | 350–400 | 430–480 |
| Kukurydza / Maize | – | 450–480 |
| Burak pastewny / Fodder beet | 430–490 | 450–540 |
| Burak cukrowy / Sugar beet | – | 500–550 |
| Groch / Pease | 260–300 | – |
| Koniczyna czerwona / Red clover | 350–460 | – |
| Lucerna mieszańcowa / Sand lucerne | – | 450–500 |

**Tabela 2.** Procent obniżenia plonu w warunkach opadów niższych bądź wyższych od optymalnych
**Table 2.** Percent decrease in yield under lower and higher than optimal precipitation

| Roślina / Plant | Zniżka plonu przy opadach mniejszych od optymalnych / Yield decrease with precipitation lower than optimum, % | Opady optymalne / Optimal precipitation (100% plonu / 100% of yield), mm | Zniżka plonu przy opadach wyższych od optymalnych / Yield decrease with precipitation higher than optimum, % |
|---|---|---|---|
| Zboża / Cereals | | | |
| Żyto / Rye | 13–5 | 250–300 | 5–27 |
| Pszenica ozima / Winter wheat | 21–10 | 200–350 | 9–21 |
| Pszenica jara / Spring wheat | 19–11 | 200–350 | 3–17 |
| Jęczmień jary / Spring barley | 27–6 | 300–350 | 5–13 |
| Owies / Oat | 12–2 | 200–250 | 3–14 |
| Okopowe / Root crops | | | |
| Ziemniak wczesny / Early potato | 45–10 | 250–300 | 6–19 |
| Ziemniak średnio wczesny / Medium early potato | 40–7 | 300–350 | 5–58 |
| Ziemniak średnio późny / Medium late potato | 30–5 | 300–400 | 7–30 |
| Ziemniak późny / Late potato | 29–4 | 300–450 | 3–18 |
| Burak pastewny / Fodder beet | 73–16 | 400–450 | 8–28 |
| Burak cukrowy / Sugar beet | 43–2 | 400–450 | 14–19 |
| Motylkowe / Legumes | | | |
| Łubin żółty / Yellow lupine | 31–18 | 300–350 | 24 |
| Łubin żółty, z.m. / Yellow | 33–3 | 300–350 | – |

| Roślina / Plant | Zniżka plonu przy opadach mniejszych od optymalnych / Yield decrease with precipitation lower than optimum, % | Opady optymalne / Optimal precipitation (100% plonu / 100% of yield), mm | Zniżka plonu przy opadach wyższych od optymalnych / Yield decrease with precipitation higher than optimum, % |
|---|---|---|---|
| lupine, g.m. | | | |
| Groch / Pease | 26–8 | 260–300 | 16–21 |
| Bobik / Horse beans | 42–5 | 350–400 | 39–40 |
| Koniczyna czerwona / Red clover | 34–3 | 350–460 | – |
| Lucerna mieszańcowa / Sand lucerne | 23–5 | 250–400 | – |

Opady optymalne wynosiły dla ziemniaków wczesnych 230–280 mm, ziemniaków średnio wczesnych 300–350 mm, a dla ziemniaków późnych 350–400 mm. Niedobory opadów obniżały plon ziemniaków o 4–45% zależnie od kategorii wczesności, a nadmiary o 3–30%. [Chmura 2001; Dmowski i in. 2002; Rojek i in. 1987].

Buraki cukrowe plonowały najwyżej przy opadach w przedziale 400–450 mm, a buraki pastewne przy 430–490 mm. Niedobory opadów obniżały plon buraków cukrowych o 2–43% a buraków pastewnych o 16-73%, natomiast nadmiary odpowiednio o 14–19% i 8–28%.

W grupie roślin strączkowych opady optymalne wahały się od 260 (groch) do 400 mm (bobik). Niedobory obniżały plon o 5–42%, a nadmiary o 21–40%.

Plony roślin motylkowych wieloletnich osiągały najwyższe wartości przy opadach rzędu 250–460 mm. Niekorzystnie działały przede wszystkim ich niedobory, powodując obniżenie o 3–34% plonu lucerny mieszańcowej i koniczyny czerwonej.

Niedobory wodne można wyrównać poprzez stosowanie nawodnień. Badania z tego zakresu zostały przeprowadzone m.in. w naszej katedrze [Dzieżyc i in. 1987; Dzieżyc, Nowak 1992; Grabarczyk 1983; Grabarczyk i in. 1990]. Jednakże proste przeliczenie niedoborów opadów na nawadnianie nie daje gwarancji uzyskania zamierzonych zwyżek plonu [Jankowiak, Filipiak 1997]. Jak wykazano w tabeli 3 produkcyjność opadów (1 mm) jest na ogół wyższa aniżeli wody pochodzącej z nawodnień [Dzieżyc i in. 1986] . W przypadku zbóż produktywność wody pochodzącej z deszczowania nie przekracza 40% produktywności wody opadowej. W odniesieniu do roślin okopowych stanowi ona od 55 do 87%, a roślin motylkowych od 41 do 77%.

**Tabela 3.** Produktywność 1 mm wody opadowej i nawodnień, w kg plonu
**Table 3.** Productivity of 1 mm rain water and sprinkling water, in kg of yield

| Roślina / Plant | Produktywność z opadów / Productivity of rain | Produktywność z nawodnień / Productivity of sprinkling | Wskaźnik produktywności deszczowania / Sprinkling efficacy index, % |
|---|---|---|---|
| Żyto / Rye | 32–6 | – | – |
| Pszenica ozima / Winter wheat | 25–6 | 8,9–3,2 | 39,0 |
| Jęczmień ozimy / Winter barley | 20–9 | – | – |
| Pszenica jara / Spring wheat | 18–7 | 8,5–1,0 | 38,0 |
| Jęczmień jary / Spring barley | 22–9 | 6,4–3,4 | 31,6 |
| Owies / Oat | 21–9 | | – |
| Ziemniak wczesny / Early potato | 134–58 | 101–39 | 72,9 |
| Ziemniak późny / Late potato | 156–56 | 77–41 | 55,7 |
| Burak pastewny / Fodder beet | 267–84 | 163–45 | 59,3 |
| Burak cukrowy / Sugar beet | 151–71 | 157–37 | 87,4 |
| Łubin żółty / Yellow lupine | 9–5 | – | – |
| Łubin żółty, z.m. / Yellow lupine, g.m. | 193–124 | – | – |
| Groch / Pease | 16–5 | 15,1–4,5 | 93,3 |
| Bobik / Horse beans | 14–5 | – | – |
| Koniczyna czerwona / Red clover | 161–145 | 210–25 | 76,8 |
| Lucerna mieszańcowa / Sand lucerne | 198–114 | 111–18 | 41,4 |

Zdecydowanie wyższą produktywność wody pochodzącej z opadów jak i deszczowania wyliczono w przypadku roślin wytwarzających znaczne ilości zielonej masy (średnio od 59 do 197 kg/1mm) niż roślin dostarczających nasion (od 4,1 do 19 kg/1mm).

## EFEKTY DESZCZOWANIA

W Polsce obserwujemy systematyczny wzrost udziału zbóż i wraz z nim rozszerzanie się uprawy gatunków bardziej wrażliwych na suszę i uprawę po sobie. Według danych GUS 2008, w strukturze zasiewów udział pszenicy zwiększył się do 2278,0 tys.ha (26,5%), a pszenżyta wzrósł do 1333,5 tys. ha (15,5%), zmalała zaś uprawa żyta do 1396,5 tys.ha (16,2%). Żyto na kompleksach lepszych zostało zastąpione pszenicą, a na słabych pszenżytem. Nawadnianie zbóż nigdy nie wyszło poza doświadczenia, między innymi z braku łatwo dostępnej wody do nawadniania i niskiej jego opłacalności. Z badań wynika, że pozytywne efekty uzyskano nawadniając pszenicę ozimą, pszenicę jarą i jęczmień jary [Dzieżyc i in. 1987; Panek 1987].

Efekty deszczowania pszenicy ozimej (tab. 4) były najwyższe (wzrost plonu o 22%), gdy opady w okresie wiosenno-letniej wegetacji nie przekroczyły 200 mm. W miarę wzrostu opadów efektywność nawadniania zmniejszyła się do

17 i 12%. Pozytywne efekty deszczowania, nawet przy opadach powyżej 300 mm (wzrost plonu o 12%), wynikają z ich nierównomiernego rozkładu oraz prowadzenia badań w ponad 50% na glebach lekkich.

**Tabela 4.** Efekty deszczowania pszenicy ozimej zależnie od wysokości opadów
**Table 4.** Effect of winter wheat sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 200 | 4,90 | 1,08 | 22 |
| 200-300 | 4,81 | 0,82 | 17 |
| Powyżej / Above 300 | 4,44 | 0,53 | 12 |

Pszenica jara daleko bardziej reagowała na nawadnianie (tab. 5) niż pszenica ozima, gdyż jako roślina jara płycej się korzeni i w mniejszym stopniu wykorzystuje opady pozimowe. Niedostatek wody silnie ogranicza jej plonowanie, dlatego też przy opadach poniżej 200 mm nawadnianie podnosiło plon aż o 39%. Również i przy wyższych opadach w przedziale 200–300 mm i powyżej 300 mm wzrost plonu wyniósł 25 i 21%.

**Tabela 5.** Efekty deszczowania pszenicy jarej zależnie od wysokości opadów
**Table 5.** Effect of spring wheat sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 200 | 3,11 | 1,21 | 39 |
| 200-300 | 3,77 | 0,94 | 25 |
| Powyżej / Above 300 | 3,80 | 0,80 | 21 |

Jęczmień jary jest wśród zbóż uważany za roślinę najmniej wrażliwą na niekorzystne warunki wodne, nie mniej jednak, jak wynika z badań, wysokość plonów podobnie, jak i innych zbóż uzależniona była od odpadów w okresie wegetacji (tab. 6).

Największe efekty deszczowania otrzymano w latach o opadach poniżej 200 mm, przyrost plonu wyniósł średnio 40%. W miarę wzrostu opadów (200–300 mm i powyżej 300 mm) zwyżki były mniejsze rzędu 16 i 17%.

W roku 2008 areał buraków cukrowych wyniósł 213,5 tys.ha i ma tendencję spadkową (w porównaniu do roku 2007 o ok. 13,7 %). Zmniejszenie powierzchni uprawy zostało wymuszone decyzją Unii Europejskiej, a plantatorzy rezygnujący z uprawy otrzymali gratyfikację finansową.

**Tabela 6.** Efekty deszczowania jęczmienia jarego zależnie od wysokości opadów
**Table 6.** Effect of spring barley sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 200 | 4,12 | 1,65 | 40 |
| 200–300 | 4,48 | 0,72 | 16 |
| Powyżej / Above 300 | 4,53 | 0,77 | 17 |

Plony korzeni buraków cukrowych zależą bardzo wyraźnie od warunków wodnych siedliska. Wilgotne lata i nawadnianie sprzyjają wysokim plonom korzeni i liści (tab. 7). Efekt deszczowania buraków cukrowych w znacznym stopniu zależał od ilości opadów w okresie wegetacji. W latach o opadach wyższych od 400 mm średni przyrost plonu korzeni wynosił 10%, a przy opadach poniżej 300 mm – 40%.

**Tabela 7.** Efekty deszczowania buraków cukrowych zależnie od wysokości opadów
**Table 7.** Effect of sugar beet sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 300 | 36,24 | 14,65 | 40 |
| 300–400 | 41,76 | 8,68 | 21 |
| Powyżej / Above 400 | 42,95 | 4,31 | 10 |

W roku 2008 ziemniaki uprawiane były na powierzchni 529,5 tys. ha, podczas gdy w roku 2000 areał uprawy wynosił 1250 tys. ha. W ostatnim okresie utrzymuje się systematycznie tendencja spadkowa powierzchni obsadzonej tą rośliną, np. w porównaniu do roku 2007 o 3,6%. Poniekąd ma to swoje uzasadnienie w zmianie struktury zużytkowania bulw ziemniaka.

Plony ziemniaków średnio wczesnych na obiektach kontrolnych, jak i efekty deszczowania zależały od ilości opadów w okresie wegetacji (tab. 8). Deszczując ziemniaki średnio wczesne można oczekiwać, że przeciętny przyrost plonu wyniesie 23%. Zwyżka plonu bulw pod wpływem deszczowania wahała się od 11% w sezonach o opadach przekraczających 350 mm do 47% przy opadach poniżej 250 mm.

Średni w wieloleciu przyrost plonu ziemniaków późnych pod wpływem deszczowania wahał się od 55% w sezonach o opadach nieprzekraczających 300 mm do 13% przy opadach powyżej 400 mm. A zatem efekt deszczowania ziemniaków późnych był nieco większy niż ziemniaków średnio wczesnych (tab. 9).

**Tabela 8.** Efekty deszczowania ziemniaków średnio wczesnych zależnie od wysokości opadów
**Table 8.** Effect of medium early varieties of potatoes sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 250 | 22,86 | 10,68 | 47 |
| 250-350 | 28,90 | 6,56 | 23 |
| Powyżej / Above 350 | 28,28 | 3,14 | 11 |

**Tabela 9.** Efekty deszczowania ziemniaków późnych zależnie od wysokości opadów
**Table 9.** Effect of late varieties of potatoes sprinkling as dependent on precipitation

| Opady / Rainfall, mm | Plon bez deszczowania Yield without sprinkling, t/ha | Przyrost plonu Yield increase | |
|---|---|---|---|
| | | t/ha | % |
| Poniżej / Below 300 | 23,91 | 13,12 | 55 |
| 300–400 | 28,59 | 6,82 | 24 |
| Powyżej / Above 400 | 25,69 | 3,42 | 13 |

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W podsumowaniu należy stwierdzić, że zarówno niedobory jak i nadmiary opadów były szkodliwe dla roślin powodując obniżki plonów odpowiednio: dla zbóż o 2–27 i 3–21%, ziemniaków o 4–45 i 3–30%, buraków cukrowych o 2–43 i 14–19%, buraków pastewnych o 16–73 i 8–28%, roślin strączkowych o 5–42 i 21–40%, i roślin motylkowych o 3–34%.

Produktywność 1 mm wody pochodzącej z opadów była wyższa w porównaniu z produktywnością wody pochodzącej z deszczowania. Obliczony wskaźnik produktywności wody z deszczowania do wody z opadów kształtował się w przedziale 40–90%.

Deszczowanie podnosiło plony pszenicy ozimej i jęczmienia jarego o 20%, pszenicy jarej o 25%, ziemniaków o 47 i 55%, zaś buraków cukrowych o 10–40%.

## BIBLIOGRAFIA

Biniak M., Kostrzewa S., Żyromski A. *Uwarunkowania termiczne i opadowe potrzeb nawadniania w rejonie Wrocławia na przykładzie pszenicy jarej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 526, 2007, s. 37–51.

Chmura K. *Przyrodnicze i agrotechniczne uwarunkowania uprawy ziemniaka w południowo-zachodniej Polsce*. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Rozprawy CLXXX, 410, 2001, s. 109.

Dmowski Z. *Wpływ niedoboru i nadmiaru opadów oraz nawadniania na plonowanie roślin motylkowych w doświadczeniach krajowych z lat 1952–1976*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 268, 1986, s. 147–199.

Dmowski Z., Dzieżyc H. *Potrzeby opadowe pszenicy jarej na glebach kompleksów pszennego dobrego i żytniego bardzo dobrego w północno-wschodniej Polsce*. Acta Agrophysica, 166, 13(1), 2009, s. 39–48.

Dmowski Z., Dzieżyc H., Nowak L. *Ocena wpływu wybranych parametrów opadu i gleby na plonowanie pszenicy jarej w rejonie południowo-zachodnim Polski*. Acta Agrophysica, 158, 11(3), 2008, s. 613–623.

Dmowski Z., Nowak L., Kruhlak A. *Wpływ deszczowania, gęstości sadzenia i zróżnicowanego nawożenia mineralnego na wysokość i jakość plonu ziemniaka*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489, 2002, s. 239–247.

Dzieżyc J., Badura U., Nowak L., Panek K. *Zarys rejonizacji potrzeb deszczowania podstawowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 387, 1990, s. 103–115.

Dzieżyc J., Bieszczad S., Dmowski Z., Dzieżycowa D., Nowak L., Panek K. *Wskaźniki spadku plonów w skutek niedoboru i nadmiaru opadów w krainie Wielkich Dolin*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., Melior. XXIII, nr 128, 1980, s. 45–55.

Dzieżyc J., Dmowski Z., Dzieżyc D., Nowak L., Panek K. *Produktywność nawadniania zależnie od ilości opadów, poziomu nawożenia i zwięzłości gleb*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 1986, s. 43–55.

Dzieżyc J., Dmowski Z., Dzieżycowa D., Moszowa J., Nowak L., Panek K. *Produktywność opadów atmosferycznych zależnie od zwięzłości gleb, doboru roślin, ilości opadów i poziomu nawożenia*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 1986, s. 31–42.

Dzieżyc J., Dmowski Z., Dzieżycowa D., Nowak L., Panek K. *Produktywność nawadniania zależnie od ilości opadów, poziomu nawożenia i zwięzłości gleb*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 284, 1986, s. 43–55.

Dzieżyc J., Dmowski Z., Nowak L., Panek K. *Efekty i efektywność produkcyjna deszczowania roślin w uprawie polowej*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 236, 1987, s. 27–43.

Dzieżyc J., Dmowski Z., Nowak L., Panek K. *Modele oceny strat w produkcji polowej wskutek niedoboru opadów*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 268, 1986, s. 186–204.

Dzieżyc J., Nowak L. *Wpływ nawodnienia deszczownianego na produkcję polową*. Rocz. AR w Poznaniu. CCXXXIV, 1992, s. 5–15.

Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. *Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 314, 1987a, s. 11–33.

Dzieżyc J, Nowak L., Panek K. *Średnie regionalne niedobory opadów i potrzeby deszczowania roślin uprawnych na glebach lekkich i średnich*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 1987b, s. 35–47.

Grabarczyk S. *Nawadnianie*: *Ulepszanie i zagospodarowanie siedliska rolniczego* [w:] *Podstawy agrotechniki*, p.red. Niewiadomski W., PWRiL Warszawa, 1983, s. 96–117.

Grabarczyk S., Peszek J., Rzekanowski Cz., Żarski J. *Rejonizacja potrzeb deszczowania w Krainie Wielkich Dolin*. Zesz.Probl.Post.Nauk Roln., 387, 1990, s. 73–88.

Jankowiak J., Filipiak K. *Regresyjne modele plonowania pszenicy ozimej w zależności od czynnika wodnego.* Fragm. Agrnom. XIV, nr 1(53), 1997, s. 67–71.

Materiały niepublikowane z syntez doświadczeń z nawadnianiem roślin uprawnych wykonane w Katedrze Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska AR we Wrocławiu, różne lata.

Ostrowski J., Łabędzki L., Kowalik W., Kanecka-Geszke E., Kasperska-Wołowicz W., Smarzyńska K., Tusiński E. *Atlas niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych w Polsce*. Falenty–Warszawa, Wyd. IMUZ, 2008, s. 19–32.

Panasiewicz K., Koziara W. *Plonowanie i wartość siewna ziarna pszenicy ozimej w zależności od uwarunkowań wodnych i sposobu uprawy roli*. Fragm. Agronom. XXIV nr 4(96), 2007, s. 65–71.

Panek K. *Wpływ ilości opadów na plonowanie zbóż w zależności od poziomu nawożenia, zwięzłości gleby i rejonu uprawy*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 314, 1987, s. 119–135.

Panek K. *Opady*, rozdz.4 w: Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin pod red. Dzieżyc J., PWN Warszawa –Wrocław, 1993, s. 149–193.

*Rocznik Statystyczny RP*. GUS Warszawa. 2008.

Rojek S., Chmura K., Dmowski Z. *Produktywność wody z nawodnień deszczownianych w uprawie ziemniaków wczesnych w zależności od przebiegu pogody*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 295–303.

Dr hab. Kazimierz Chmura,
Dr Elżbieta Chylińska,
Prof. dr hab. Zenobiusz Dmowski,
Prof. dr hab. Lech Nowak
Katedra Rolniczych Podstaw Kształtowania Środowiska
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Pl.Grunwaldzki 24
52 000 Wrocław
e-mail: Kazimierz.chmura@up.wroc.pl
tel. (071) 3205 563

Recenzent: *Prof. Stanisław Rolbiecki, Ph.D., Dr. Sc.*