

## WPŁYW RÓŻNEGO NAWOŻENIA I NAWODNIENIA NA PLONY W PŁODOZMIANIE NA PIASKACH SŁABO GLINIASTYCH

*Bolesław Świętochowski, Roman Krężel, Kazimierz Matul,  
Stanisława Sarnacka*

Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin WSR, Wrocław i Instytut Gospodarki  
Wodnej, Warszawa

Planując rozwiązanie gospodarki wodnej w danej zlewni lub jej części należy zadać pytanie, co się stanie gdy plony rolnicze będą progresywnie wzrastać. Odpowiedź na nie jest dość kontrowersyjna. Można by ją ująć w dwa przeciwstawne poglądy. Jeden wysuwany głównie przez hydrologów i hydrotechników a w pewnej mierze przez niektórych rolników. Mianowicie, że w miarę wzrostu plonów będzie występować deficyt wodny w glebie, powodujący zubożenie zapasu wody w zlewni oraz zmniejszenie odpływu w rzekach ze szkodą innych użytkowników wody. Pogląd ten jest sprzeczny z nowoczesnymi pojęciami ekologicznymi, które twierdzą, że plon biomasy jest zależny od ilorazu wilgotności, to jest od stosunku opadów do parowania. Im jest on korzystniejszy, tym większy plon aktualny, tym bujniej rozwija się roślinność. Zjawisko takie obserwujemy przy naturalnej roślinności, nie naruszonej ręką człowieka. Przy dużym ilorazie lasy są gęste wielopiętrowe, w miarę pogarszania się bilansu wodnego lasy się rozrzedzają (prześwietlają), są coraz niższe, przechodzą w lasostep, formacje zaroślowe, step z resztkami drzew czy krzewów, następnie w step suchy i wreszcie w pustynię. Tam gdzie step, czy zarośla powstały na skutek czynnika antropogenicznego (jak np. w Afryce stepowej) wystarczy zaniechanie wypasania by zaszumiały lasy zgodnie z ilorazem wilgotnościowym.

Rolnictwo jest pierwszym użytkownikiem wody, gdyż większy procent deszczu pada na użytki wiejskie a nie na miejskie, a także dlatego, że bez chleba nie ma cywilizacji, techniki, zostaje tylko człowiek pierwotny.

Rolnictwo nowoczesne będąc pierwszym użytkownikiem wody winno być również i wtórnym przede wszystkim tam, gdzie bilans wodny w glebie nie jest korzystny w lata posuszne, jak np. w Polsce, która leży w dużej swej części na wododziale kontynentu europejskiego.

Do bardzo wysokich plonów przeciętnych (wieloletnich) można między innymi dojść przy nawadnianiu.

W r. 1962 rozpoczęliśmy w Swojcu badania dla wyjaśnienia, czy ten pogląd ekologiczny można dostosować do ekosystemów rolniczych. Zastrzeżenia budzą bowiem obserwacje rolników, że przy częstym stosowaniu poplonów zaczyna się pojawiać deficyt wodny w glebie, który w badaniach krótkotrwałych wystąpił nawet dosyć ostro (von Boguslavsky, Świętochowski). Chodziło nam o wyjaśnienie, czy deficyt ten jest krótkotrwały, to jest czy zostaje wyrównany opadami, czy też pogłębia się z roku na rok. Przedłożone obecnie badania są następną, jeszcze nie opublikowaną trzyletnią serią doświadczeń z tego zakresu.

Tabela 1

Schemat doświadczenia z nawożeniem i nawadnianiem roślin w płodozmianie na piaskach słabo gliniastych

Nawodnienia	Nawożenie							
	NPK	2NPK	NPK	2NPK	NPK	2NPK	NPK	2NPK
	Roślina w zmianowaniu							
Nie nawadniane					Mieszanka jara + łubin w popl. ścierniskowym			Pszenica ozima
Nawadniane	Ziemniaki		Owies					
Nie nawadniane			Mieszanka jara + łubin w popl. ścierniskowym		Pszenica ozima			Ziemniaki
Nawadniane		Owies						
Nie nawadniane		Mieszanka jara + łubin w popl. ścierniskowym		Pszenica ozima		Ziemniaki		Owies
Nawadniane								
Nie nawadniane		Pszenica ozima		Ziemniaki		Owies		Mieszanka jara + łubin w popl. ścierniskowym
Nawadniane								

Badaniami objęty był płodozmian czteropolowy na glebie lekkiej (jest to piasek słabo gliniasty podścielony na dość zmiennej głębokości związłym materiałem) na ogół znajdujący się poniżej 100 cm, rzadziej płycej. Następstwo w płodozmianie kolejno: ziemniaki, owies, mieszanka jara + łubin wąskolistny w poplonie ścierniskowym, pszenica ozima. Każda z tych roślin była uprawiana na dwóch poziomach

nawożenia NPK oraz w warunkach nawodnienia i bez nawodnienia. Wszystkie rośliny płodozmianu występowały corocznie. Oznaczenia wilgotności gleby prowadzono na wszystkich powtórzeniach pól płodozmianów w odstępach dekadowych w warstwach gleby 20 cm do głębokości 100 cm.

Z doświadczenia tego przeanalizujemy tylko 3 parametry: polowe zużycie wody (PZW), zapas wody pola (ZWP) i to w ciekawszych dla nas momentach okresu wegetacyjnego; wreszcie plon. Wszystko dla każdej rośliny uprawnej oddzielnie.

Musimy zaznaczyć, że z doświadczeń wazonowych (jak to wiadomo z literatury i naszych własnych badań) wynika, że im korzystniej układają się czynniki działające na wielkość plonu tym wyższe jest zużycie wody na jednostkę powierzchni przez roślinę dającą plon. Wprawdzie układa się on w krzywą wykładniczą ale zawsze wzrastającą.

Ważniejsze dane liczbowe dotyczące badanych parametrów ujęte są syntetycznie w tabeli 2, w której podano w kolumnie 3, 4, 5 plon w jednostkach owsianych (JO), nadwyżki plonu w JO na obiektach nawadnianych i ze zwiększonym nawożeniem. Dalej zapas wody w mm do głębokości 1 m na obiektach nie nawadnianych (kolumna 7), nawadnianych (kolumna 8) i różnica między tymi obiektami (kolumna 9). W kolumnie 6 podane są sumy (JK) nadwyżek przy zwiększonym nawożeniu i nawadnianiu obiektów prostszych oraz interakcja dodatnia (+) lub ujemna (—), to jest różnica między plonami skrajnych obiektów (nie nawodniona z NPK — a nawodniona z 2NPK).

Rozpatrując tabelę 2 widzimy, że nawożenie zwiększyło plony biomasy wyrażone w jednostkach karmowych (JK) u wszystkich roślin, jak i w całym płodozmianie w sposób istotny: ziemniaków ponad 1000 JK, owsa 600 JK, pszenicy ozimej około 570 JK, a sumy mieszanki letniej i łubinu poplonowego na paszę ponad 900 JK.

Mimo wyższych plonów biomasy na obiektach silniej nawożonych przeciętne zapasy wody pola (ZWP) znajdujące się w glebie były bardzo zbliżone do ilości wody na polach, na których uzyskano niższe plony, pomimo że te wyższe plony nakładały się przez 3 lata i wynosiły w sumie nadwyżkę ponad 3000 JK.

Jeśli chodzi o wpływ nawodnienia na wysokość plonów to był on w omawianym doświadczeniu wyraźnie mniejszy niż nawożenie. Równocześnie okazało się, że nawodnienie nie wpływało na trwałe zwiększenie ZWP.

Doświadczenie to wykazało, że w przeciętne lata przy tym samym zapasie wody można uzyskiwać przez dobrą agrotechnikę wyższe plony bez załamania bilansu wodnego w glebie. Nie uzyskano dodatniej interakcji nawożenia z nawadnianiem. Wynikło to prawdopodobnie ze zbyt małej dawki jednorazowego nawodnienia w momentach nieodpowiednich. Jeśli chodzi o polowe zużycie wody (PZW) na obiektach



z różnym nawożeniem to było ono na końcu roku wegetacyjnego prawie jednakowe. Ilustrują to wyniki przedstawione w tabeli 3.

Ilość przypadków, kiedy połowe zużycie wody na obiektach silnie nawożonych było większe lub mniejsze, była prawie taka sama. Natomiast nawodnienie zwiększało połowe zużycie wody. Oprócz obiektów nawadnianych połowe zużycie wodne oraz zapasy wody w glebie pod różnymi roślinami płodozmianu było zbliżone mimo tego, że wy-

Tabela 3

Średnie zwwyżki (+) i zniżki (—) PZW na silniejszym nawożeniu roślin w stosunku do pojedynczej dawki NPK na polach nie nawadnianych i nawadnianych

Rok doświad- czenia	Roślina i nawodnienie w zmianowaniu							
	ziemniaki		owies		mieszanka		pszenica ozima	
	nie nawad- niane	nawad- niane	nie na- wadniane	nawad- niane	nie na- wadniane	nawad- niane	nie na- wadniane	nawad- niane
1966	+4	—	+11	—7	+8	+17	+22	+6
1967	—3	+2	—4	+13	+5	—15	+ 1	—13
1968	—14	—9	—11	—32	+7	—31	—36,7	—6

sokość plonów biomasy porównywanych roślin różniła się w sposób zasadniczy (np. owies — ziemniaki).

Wynikałoby stąd, że nie plon może załamać bilans wodny pola lecz ujemny bilans gleby występujący stale może powodować obniżki plonu.

#### STRESZCZENIE

Od dawna twierdzi się, że wyższy plon zużywa więcej wody, wprawdzie wzrost ten układa się nie liniowo ale wykładniczo, to jednak zużycie wody wzrasta. Aktualny plon biomasy zależy od ilorazu wilgotnościowego ( $Q = R/i$ ), im jest on niższy tym porasta mniej bujna roślinność. W warunkach naturalnych, gdzie układa się on od dodatniego  $Q > 1,0$  do 0%, tworzą się zespoły od zwartych lasów (dżungli) poprzez lasy rozrzedzone karłowate, lasostepy, stepy, pustynie.

Autorzy postawili sobie za zadanie w szeregu serii doświadczeń wyjaśnić jak w warunkach antropogenicznych iloraz wilgotnościowy będzie kształtował wysokość plonów. Hydrologicy i hydrotechnicy obawiają się, że wzrost plonu może powodować trwałe załamanie się bilansu wodnego, tj. obniżenie się zapasu wody w glebie i zmniejszenie odpływu w rzekach i potokach.

Badaniami objęty był płodozmian 4 połowy na glebach lekkich: 1) ziemniaki, 2) owies, 3) mieszanka jara + łubin wąskolistny w poplonie ścierniskowym, 4) pszenica ozima. Każda z tych roślin była upra-

wiana na dwóch poziomach nawożenia NPK oraz w warunkach nawodnienia i bez nawodnienia. W doświadczeniu każda roślina zmianowania występowała w każdym roku. Oznaczenie wilgotności gleby prowadzono na wszystkich powtórzeniach pól płodozmianów w odstępach dekadowych w 7 warstwach gleby do 1 m głębokości.

W doświadczeniu tym stwierdzono, że w miarę zwiększania ilości wody przez nawodnienie zwiększało się wyraźnie połowe zużycie wodne. Przy czym w większości przypadków było ono większe od dawki wody nawadniającej. Natomiast nie stwierdzono aby zwiększone nawożenie mineralne w sposób wyraźny zwiększyło połowe zużycie wody (PZW). Ilość przypadków w których stwierdzono zwyczajki lub zniżki PZW w zależności od wysokości nawożenia była taka sama. Należy zaznaczyć, że zwiększone nawożenie zwiększało plonowanie roślin i to w sposób istotny: ziemniaków o ok. 20<sup>0</sup>%, ziarna zbożowych o ok. 10<sup>0</sup>% a suchej masy mieszanki jarej i łubinu o ok. 15<sup>0</sup>%. Mimo wyższych plonów biomasy na obiektach silniej nawożonych, zapasy pozostającej wody w glebie były bardzo zbliżone do ilości wody na polach na których uzyskano niższe plony.

Jeśli chodzi o wpływ nawodnienia na wysokość plonów, to był on w omawianym doświadczeniu znacznie mniejszy niż nawożenie. Na obiektach nawadnianych znajdowano w glebie większe zapasy wody. Uzyskane wyniki dowodzą, że przy takich samych zapasach wody w glebie lekkiej można poprzez intensyfikację uprawy uzyskać dosyć duże zwyczajki plonów rośliny uprawnej. Zwyczajki te nie wpływają jednakże na zwiększenie połowego zużycia wody oraz na trwałe załamanie się bilansu wodnego gleby.

Б. СЪВЕНТОХОВСКИ, Р. КРЕНЖЕЛЬ, К. МАТУЛЬ, С. САРНАЦКА

## ВЛИЯНИЕ РАЗНОГО УДОБРЕНИЯ И ОРОШЕНИЯ НА УРОЖАИ В СЕВООБОРОТЕ НА СЛАБОГЛИНИСТЫХ ПЕСКАХ

### Резюме

Давно уже доказывается, что более высокий урожай требует большего количества воды. Несмотря на то, что это повышение находится не в линейной системе, а в показательной, то, однако, потребление воды повышается. Актуальный урожай биомассы зависит от частного влажности ( $Q = R/i$ ). Чем оно ниже, тем ниже порастает буйная растительность. В естественных условиях, в которых оно укладывается от положительного ( $Q > 1,0$ ) до 0%, образуются комплексы от густых лесов (джунгли) через редкие, низкие леса, лесостепи, степи, пустыни.

Авторы решили в ряде серий опытов выяснить, каким образом в антропогенических условиях частное влажности может влиять на высоту урожаев. Гидрологии или гидротехники опасаются, что повышение урожая может вызвать постоянный перелом водного баланса. Это было бы понижением резерва воды в почев и уменьшением отлива в реках и потоках.

Исследования касались 4-х полевого севооборота на легких почвах: 1. картофель, 2. овес, 3. яровая смесь + узколиственный люпин, в послезимней культуре, 4. озимая пшеница. Каждую из этих культур обрабатывалось на двух уровнях удобрения NPK, а также в условиях орошения и без орошения. В опыте каждая культура в севообороте принимала участие ежегодно. Определение влажности почвы производилось на всех повторениях полей севооборотов в декадных интервалах в 7 слоях почвы до 1 м глубины.

В этом опыте обнаружено, что по мере повышения количества воды путем орошения отчетливо повысилось полевое потребление воды. При этом в большинстве случаев оно было выше орошающей дозы воды. Зато не обнаружено отчетливого повышения полевого потребления воды повышенным минеральным удобрением. Количество случаев, в которых обнаружено повышение или понижение полевого потребления воды в зависимости от уровня удобрения, было такое же самое. Следует отметить, что повышенное удобрение повышало урожайность растений и то существенным образом: картофеля на около 20%, зерна злаковых на около 10%, а сухой массы яровой смеси и люпина на около 15%. Несмотря на более высокий урожай биомассы на объектах значительно более удобряемых, резерв остающейся в почве воды был более приближен к количеству воды на полях, на которых получено более низкий урожай.

Что касается влияния орошения на уровень урожая, то оно было в упомянутом опыте значительно меньше, чем влияние удобрения. На орошаемых объектах авторы находили в почве значительные резервы воды. Полученные результаты доказывают, что при таких же самых резервах воды в легкой почве можно путем интенсификации обработки получить довольно значительное повышение урожая обрабатываемой культуры. Эти повышения, однако, не влияют на повышение полевого потребления воды, а также на стабильный перелом водного баланса почвы.

## L'INFLUENCE DES ENGRAIS VARIÉS ET DE L'IRRIGATION SUR LES RÉCOLTES EN ASSOLEMENT SUR LES SABLES LÉGÈREMENT ARGILEUX

### Résumé

On constate depuis longtemps déjà que la récolte plus abondante nécessite une quantité plus élevée d'eau. La corrélation de ces deux facteurs ne fait pas ressortir le caractère linéaire, car l'accroissement des récoltes augmente le besoin en eau de façon exponentielle. La récolte de la biomasse actuelle dépend du quotient d'humidité ( $Q = R/i$ ) et plus il est inférieur, moins abondants sont les végétaux qui y poussent. Dans les conditions naturelles où ce quotient se range du positif ( $Q > 1,0$ ) jusqu'à 0% des complexes boisés se forment, des forêts compactes (jungle) jusqu'aux forêts éclaircies, naines, forêts-steppes, steppes et déserts.

Dans une série d'expériences les auteurs se sont posé la tâche de mettre au point comment le quotient d'humidité va influencer sur le rendement des végétaux dans les conditions anthropogéniques. Les hydrologues ou les hydrotechniciens redoutent que l'accroissement des récoltes puisse entraîner un effondrement durable du bilan hydrique, c'est-à-dire un abaissement des réserves en eau dans le sol et une diminution de l'écoulement aux cours d'eau.

On a soumis aux expériences l'assolement de 4 champs sur les sols légers: 1. pommes de terre; 2. avoine; 3. mouture de printemps + lupin angustifolié en culture de chaume; 4. froment d'hiver. Chacune de ces plantes était alimentée par deux doses d'engrais NPK (azote; phosphore; potassium), étant tantôt irriguée et tantôt non irriguée. Durant l'expérience chaque plante en culture alternante paraissait chaque année. La désignation de l'humidité était poursuivie au cours de la

culture alternante en assolement par décade sur 7 couches de sol jusqu'à un mètre de profondeur.

L'expérience mentionnée a vérifié qu'à mesure que la quantité d'eau obtenue par irrigation augmentait, on notait une consommation en eau distincte sur le champ; il faut souligner que cette consommation était — dans la plupart des cas — supérieure à la dose d'eau employée à l'irrigation. Par contre, on n'a pas constaté que les engrais minéraux, en dosage plus intense, eussent augmenté de façon distincte P.Z.W. (consommation en eau en place). Le nombre des cas où l'on a constaté une augmentation ou un abaissement de P.Z.W., selon l'intensité de fertilisation, était identique. Il faut relever que l'intensité de fertilisation augmentait le rendement des végétaux de manière essentielle: pommes de terre de 20% environ, grains de blé de 10% environ et mouture en masse sèche + lupin angustifolié de 15% environ.

Malgré le rendement plus élevé de la biomasse sur les terrains qui étaient fertilisés plus fortement, les réserves en eau demeurées dans le sol étaient très rapprochées de la quantité d'eau sur les champs où la récolte était moins abondante. Ayant égard aux expériences en question, on doit souligner que l'influence de l'irrigation sur les récoltes était moins importante que celle de la fertilisation. Sur les terrains irrigués on trouvait dans le sol des réserves en eau plus abondantes. Les effets qu'on a obtenus prouvent qu'il est possible de parvenir à une augmentation assez élevée des récoltes par intensification de la culture ayant à sa disposition les mêmes réserves en eau dans le sol léger.

Cette augmentation n'a d'ailleurs aucune influence sur l'agrandissement de la consommation total de l'eau de même que sur l'effondrement durable du bilan hydrique du sol.

## EINFLUSS DER VERSCHIEDENEN DÜNGUNG- UND BEWÄSSERUNGSART AUF DIE ERTRÄGE IN DER FRUCHTFOLGE AUF LEICHTLEHMIGEN SANDBÖDEN

### Z u s a m m e n f a s s u n g

Seit langer Zeit schon kommt es zu der Feststellung, dass ein höherer Pflanzenertrag mehr Wasser verbraucht als der niedrigere. Obwohl diese Erhöhung nicht linearisch mit dem Ertrag, sondern nach anderen Parametern verläuft, steigt der Wasserverbrauch jedoch an. Der aktueller Ertrag der Biomasse ist von dem Feuchtigkeitquotienten ( $Q = R/i$ ) abhängig. Je kleiner er ist, desto weniger üppig sind die Pflanzen. In natürlichen Bedingungen, wo er sich von der positiven Richtung gestaltet ( $Q > 1,0$ ) bis zu 0%, bilden sich Pflanzengemeinschaften von dichten Wäldern (Urwald), durch gelichtete und zwergartige Wälder, Waldsteppen, Steppen, bis Wüsten.

Die Verfasser haben sich als Ziel in einer Reihe der Versuche die Aufklärung des Einflusses den in antropogenischen Bedingungen verlaufenden Feuchtigkeitsquotienten auf die Erträge zu prüfen, gestellt. Die Hydrologen und Hydrotechniker befürchten, dass eine Erhöhung des Pflanzenertrages eine dauerhafte Brechung des Wasserbilanzes ausrufen könnte, d.h. eine Erniedrigung des Wasservorrats in Boden und Verringerung des Abflusses in Flüssen und Bächen.

In den Untersuchungen wurde eine 4-Feldfruchtfolge auf leichten Böden in Betracht genommen: 1. Kartoffeln, 2. Hafer, 3. Sommergemenge + Schmalblattpupine als Stoppelfrucht, 4. Winterweizen. Jede Pflanze ist auf zwei Düngungshöhen von NPK und in bewässerten und unbewässerten Bedingungen angebaut



worden. Weiterhin jede Pflanzenart der Pflanzenfolge trat in jedem Jahr vor. Die Feuchtigkeitsbestimmungen wurden in Dekade-Zeitabschnitten auf allen Wiederholungen in 7 Schichten bis 1 m Tiefe ausgeführt.

In den Versuchen stellte man fest, dass mit der Erhöhung der Wassergaben, der Wasserverbrauch anstieg, wobei in Mehrheit der Fälle dieser Verbrauch grösser als die Wassergabe gewesen ist. Dagegen stellte man nicht fest, dass eine vergrösserte Düngungsgabe den Wasserverbrauch intensiviert. Man muss jedoch bemerken, dass eine vergrösserte Düngung die Ertragsfähigkeit der Pflanzen steigerte, der Kartoffeln um 20% des Kornes von Getreide um 10%, und der Trockenmasse des Gemenges und Lupine um 15%. Der Wasservorrat im Boden auf den stärker gedüngten Parzellen, wo die Erträge der Biomasse höher gewesen sind, war ähnlich der auf den Parzellen mit geringeren Erträgen.

Der Einfluss der Bewässerung auf die Ertragshöhe in dem besprochenen Versuch war weniger bedeutend als der Düngung. Auf den bewässerten Parzellen sind im Boden grössere Wasservorräte gefunden worden. Die erhaltenen Ergebnisse bestätigen, dass bei den gleichen Wasservorräten im leichten Boden, durch die Intensivierung des Ackerbaues ziemlich grosse Mehrerträge erhalten werden können. Diese Mehrerträge haben jedoch keinen Einfluss auf die Vergrösserung des Wasserverbrauches und der Brechung des Wasserbilanzes im Boden.