

Monografie 2020

**Badania i Rozwój
Młodych Naukowców w Polsce**

**Nauki przyrodnicze
Flora i ochrona środowiska**

MN

www.MlodziNaukowcy.com

9. Ocena efektywności nawadniania i nawożenia sadu grusowego na glebie lekkiej

Evaluation of irrigation and pear orchard efficiency on light soil

Katarzyna Wójcik, Treder Waldemar, Wójcik Paweł

Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

Opiekun naukowy: prof. dr hab. Waldemar Treder

Katarzyna Wójcik: Katarzyna.Wojcik@inhort.pl

Słowa kluczowe: gruszka, składniki pokarmowe, fertygacja, azot, potas

Streszczenie

Grusza jest gatunkiem dość trudnym w uprawie, ze względu na wysokie wymagania żywieniowe, klimatyczne i glebowe. W warunkach klimatycznych naszego kraju, gdzie w ostatnich latach zaobserwowaliśmy zdecydowane ocieplenie klimatu istnieje, konieczność nawadniania upraw sadowniczych oraz odpowiedniego nawożenia sadów w celu osiągnięcia wysokich plonów dobrej jakości owoców. W wyniku prowadzonych doświadczeń największe plony odnotowano na poletkach nawadnianych i jednocześnie zasilanych posypowo N i K, a także na poletkach z fertygacją. Najmniejsze owoce otrzymano z poletek kontrolnych – nienawadnianych. Liście grusz nienawadnianych i jednocześnie zasilanych doglebowo N i K zawierały najmniej azotu, fosforu i potasu.

Uzyskane wyniki wskazują na konieczność nawadniania intensywnych sadów grusowych. Wyniki oceny stanu odżywienia roślin w zależności od zastosowanego nawożenia wskazują na konieczność opracowania specjalnego programu nawożeniowego dla intensywnych nasadzeń gruszy.

1. Wprowadzenie

Grusza (*Pyrus communis L.*) to gatunek, który dotychczas nie odgrywał znaczącej roli w polskim sadownictwie. Jednak ze względu na atrakcyjną cenę owoców i wzrastający popyt powinniśmy bardziej zainteresować się jej produkcją. Grusza należy do rodzaju drzew z rodziny różowatych. Jest drzewem owocowym uprawianym w całej Europie, zaś jej największe plantacje występują we Francji i Belgii. Powierzchnia upraw gruszy zajmuje w Polsce około 10 tys. ha, co stanowi jedynie 3% upraw sadowniczych ogółem (GUS 2017). Światowa produkcja gruszek wynosi około 24 milionów ton.

Owoce gruszy są popularne dzięki swojemu słodkiemu i orzeźwiającemu miąższowi oraz wysokiej zawartości składników odżywczych. Zawierają wit. A, B₁, B₂, B₆, C i PP oraz składniki mineralne takie jak: potas, fosfor, wapń, magnez, sód, żelazo, bor oraz miedź. Ze względu na składniki odżywcze gruszek poleca się je stosować jako składnik zdrowej diety (Wójcik 2014).

Zabiegiem agrotechnicznym wpływającym zarówno na produktywność roślin, jak i jakość plonu jest nawożenie. Szacuje się, że w warunkach glebowo-klimatycznych Polski udział nawożenia w produkcji roślin wynosi 40-50%. Jednocześnie niewłaściwe stosowanie nawozów obniża żyzność gleby przez jej zakwaszenie, zachwianie równowagi jonowej między składnikami, ograniczenie aktywności mikrobiologicznej, wprowadzenie szkodliwych pierwiastków oraz indukowanie zasolenia. Podstawowym celem nawożenia nie powinno być uzyskanie maksymalnych plonów, lecz takich, przy których zapewniona jest opłacalność produkcji oraz wysoka jakość plonu z jednocześnie minimalnym obciążeniem środowiska naturalnego. Dodatkowym celem nawożenia jest polepszenie lub podtrzymanie żyzności gleby, co umożliwi uzyskanie wysokich i stabilnych plonów przez długi czas. Nawożenie, które realizuje powyższe cele jest nawożeniem zrównoważonym. W warunkach glebowo-klimatycznych Polski nawożenie jednym lub nawet dwoma składnikami w większości przypadków nie daje dobrych efektów produkcyjnych, gdyż pozostałe, niezbędne dla roślin składniki, na ogół są w glebie ale w niewystarczających ilościach. W konsekwencji prowadzi to do ograniczenia produktywności roślin lub obniżenia jakości plonu. Dlatego też zabiegiem dodatkowym, ale jednocześnie koniecznym w celu uzupełnienia brakujących składników pokarmowych jest

zastosowanie fertygacji podawanej przez system kroplowy (Wójcik 2014). Grusza jest gatunkiem trudnym w uprawie ze względu na duże wymagania klimatyczne. Jej drzewa są mniej wytrzymałe na mróz niż jabłonie, a kwiaty są częściej uszkodzane przez przymrozki, ze względu na wcześniejsze kwitnienie. Gatunek ten ma również duże wymagania glebowe oraz pokarmowe (Sosna 2000). Dlatego też uprawa gruszy sprawia sadownikom wiele kłopotów zwłaszcza jeśli chodzi o uzyskanie stabilnych, wysokich plonów i wysokiej jakości owoców. Na rozwój i plonowanie gruszy negatywnie wpływa zwłaszcza niedostatek potasu, odpowiadający za jakość pąków kwiatowych a przez to i plonowanie. Potas(K) jest również bardzo ważnym składnikiem odżywczym, jego dostępność pozytywnie wpływa nie tylko na wielkość plonu ale także na: jędrność, kolor skóry, kwasowość soczystość i aromat owoców (van Arkel 2007). Przy niewielkim niedoborze potasu również liście drzew są małych rozmiarów. Przy większych niedoborach tego pierwiastka na liściach tworzą się chlorotyczne plamy. W krótkim czasie chloroza liści przechodzi w nekrozę. Również pędy z małą zawartością potasu są krótkie, cienkie oraz podatne na przemarzanie w okresie zimy. Potas wpływa także bezpośrednio na gospodarkę wodną w roślinie, aktywację enzymów oraz odporność rośliny na stresy (Jadczuk-Tobiasz i Zyguntowska 2008). Zawartość potasu wpływa także na ich przechowywanie. Wysokie dawki potasu mają co prawda wpływ na poprawę smaku owoców, ale w niektórych przypadkach mogą pogorszyć ich wartość przechowalniczą (Jadczuk 2004). Potas jest szczególnie dobrze pobierany w warunkach wysokiej temperatury powietrza i wilgotności gleby. Dlatego na nawożenie potasem należy szczególnie zwracać uwagę w sadach nawadnianych, gdzie zazwyczaj należy zwiększyć dawki tego składnika (Brunetto et al. 2015). Innym bardzo ważnym składnikiem pokarmowym w uprawie gruszy jest azot (N). Zastosowanie odpowiedniej dawki nawożeniowej azotem (N) w uprawie gruszy ma na celu osiągnięcie optymalnej siły wzrostu drzew oraz wysokości i jakości plonowania (Botelho et al. 2010; Ikinci et al. 2014). Optymalne dawka azotu pozwala na utrzymanie proporcji pomiędzy wzrostem vegetatywnym a plonowaniem. Nadmierne nawożenie azotowe pogarsza jakość owoców a szczególnie kolor ich skórki i wartość przechowalniczą. Rośliny przenawożone N później wchodzi w okres owocowania. Pędy późno kończą swój wzrost, zwiększając ryzyko ich przemarznięcia w okresie zimowym. Liście są duże, grube i ciemnozielone. Są podatne na wiele chorób grzybowych oraz chętnie zasiedlane przez szkodniki (głównie mszyce i przędziorki). Przy drastycznym przenawożeniu N wierzchołki pędów wraz z najmłodszymi liśćmi zasychają. Owoce są słabo wybarwione, miękkie, mało smaczne, podatne na pęknięcie oraz wykazują małą zdolność przechowalniczą i trwałość w obrocie handlowym. Optymalna dostępność azotu pod koniec spoczynku zimowego pozwala na szybki rozwój liści, który zapewnia asymilację nowych owoców i wzrost pędów. Niedobory azotu w czasie sezonu vegetacyjnego mogą jednak istotnie obniżyć plon m.in. poprzez spowodowanie drobnienia owoców. Według Tagliaviniego i in.(1997) wzrost wiosenny gruszek zależy od azotu przechowanego w organach trwałych takich jak korzenie, pień, gałęzie i gałązki. Grusze na glebach o niskiej dostępności azotu wykazują jaśniejszą barwę liści, zmniejszona zostaje fotosynteza oraz odnotowujemy niższą wydajność i mniejszy rozmiar owoców. Przy dużym niedoborze azotu dochodzi również do zahamowania wzrostu pędów, słabego wiązania kwiatów i owoców (Wójcik 2014). Wysokie dawki azotu zapewniają lepszą barwę liści, zwiększają średnicę owoców oraz zaspokajają zapotrzebowanie roślin na składniki odżywcze (Sete et al. 2019). Dlatego tak ważnym zagadnieniem jest umiejętność obliczenia odpowiedniej dawki nawożeniowej a w konsekwencji opracowanie odpowiedniego programu nawożeniowego. Na pobieranie składników mineralnych przez rośliny istotny wpływ ma nie tylko ich zawartość w glebie, ale także przebieg warunków atmosferycznych. Szczególnie ważnym parametrem jest temperatura powietrza i wielkość opadów. W naszych warunkach klimatycznych czynnikiem istotnie ograniczającym wysokość i jakość plonu gruszy jest susza glebowa. W ważnych rejonach sadowniczych położonych w środkowej, zachodniej i południowo-zachodniej Polsce, niedobory opadów przeciętnie wynoszą od 120 do 180 mm rocznie (Treder i in. 2006). W nowoczesnym sadzie, przy tak zmiennych warunkach klimatycznych, nie uda się uzyskać plonowania na pożądanym poziomie bez stosowania nawadniania.

Grusza należy do gatunku roślin wrażliwych na suszę. Według Rzekanowskiego (2009) zaliczamy ją do roślin sadowniczych charakteryzujących się stosunkowo wysokimi potrzebami wodnymi. Jej zapotrzebowanie na wodę zwiększa się w miarę wydłużania okresu wzrostu

i dojrzewania owoców (Rzekanowski 1998). Zastosowanie odpowiedniej dawki nawodnieniowej powinno zależeć nie tylko od pogody, ale także od wieku drzew, ich kondycji i wysokości plonowania. W większości przypadków niski plon gruszy związany jest z trudnością doboru odmian, podkładek, a także z brakiem wiedzy na temat najlepszego zarządzania praktyką która ogranicza występowanie szkodników i chorób (Van Arkel 2007). Krótkotrwały niedobór wody w okresie intensywnego wzrostu drzew może doprowadzić do zahamowania wzrostu pędów drzew, a także prowadzić do znacznego ograniczenia wielkości i jakości plonu (Treder 2011). Niedobór wody czy też ograniczenie jej dostępności zakłóca wszystkie fizjologiczne procesy zachodzące w roślinie, co prowadzi do braku zawiązywania pąków kwiatowych, a w konsekwencji do uzyskania źle wykształconych owoców i niskiego plonu.

Podczas zastosowania nawadniania w zwilżanej strefie gleby intensywnie rozwijają się korzenie, pobierane są z tego obszaru składniki pokarmowe. W miejscach, gdzie gleba jest sucha, pobieranie jest znacznie ograniczone. Nawadniając, rozcieńczamy stężenie makro i mikroelementów zawarte w roztworze glebowym, co pozwala roślinom na intensywnie ich pobieranie, konsekwencją czego jest ubytek składników mineralnych z tej strefy. Trudno jest uzupełnić składniki tylko w strefie, gdzie dociera woda. Jedynym sposobem jest podawanie składników mineralnych przez system nawodnieniowy - fertygacja. Rozpuszczone w wodzie nawozy docierają bezpośrednio do aktywnej strefy korzeniowej roślin uzupełniając niedobory składników mineralnych w glebie. Nawożenie wraz z nawadnianiem charakteryzuje się wysoką efektywnością wykorzystania nawozów co pozwala na ograniczenie ich dawek (Dasberg et al. 1988; Klein et al. 1999). Długotrwałe intensywne nawadnianie może powodować lokalne obniżenie składników mineralnych w glebie. Dotyczy to szczególnie potasu i azotu. Dzięki podwyższonej wilgotności gleby w strefach zwilżanych przez system nawodnieniowy składniki te są intensywnie pobierane, a w przypadku azotu (N-NO₃) dochodzi jeszcze wymywanie tego składnika w głąb gleby. Jeżeli nie uzupełnimy tych składników w glebie, to rośliny zaczynają reagować obniżeniem dynamiki wzrostu i gorszym plonowaniem. Dlatego w intensywnej produkcji sadowniczej ten sposób nawożenia nabiera coraz większego znaczenia.

Celem badawczym prowadzonego doświadczenia była ocena skuteczności nawadniania oraz różnych sposobów nawożenia na wzrost i plonowanie gruszy.

2. Materiał i metody

Doświadczenie prowadzone było w Sadzie Doświadczalnym Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach. Obiektem badawczym były grusze odmiany „Konferencja” szczepione na Pigwie C, posadzone wiosną 2013 roku w rozstawie 3 X 2 m. W doświadczeniu tym zastosowano 6 kombinacji:

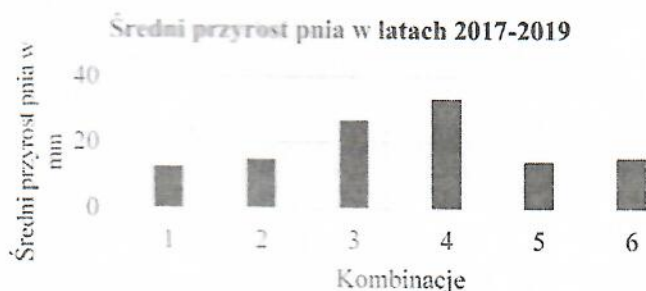
- a) 1 - bez nawadniania + nawożenie posypowe nawożenie N i K;
- b) 2 - bez nawadniania + posypowe nawożenie N i K + nawożenie dolistne;
- c) 3 - nawadnianie + posypowe nawożenie N i K;
- d) 4 - nawadnianie + posypowe nawożenie N i K + nawożenie dolistne;
- e) 5 - nawadnianie + posypowe nawożenie N i K w 1/3 dawki;
- f) 6 - nawadnianie + nawożenie NK przez system nawodnieniowy (fertygacja).

W czasie trwania doświadczenia dokonano pomiaru plonu w kg/drzewo w zastosowanych kombinacjach, a także oceny średniej masy owocu wyliczonej na podstawie losowo zebranej skrzynki owoców z każdej kombinacji. Na 20 owocach z każdej kombinacji dokonano pomiarów jędrności miąższu. Oceniono również zawartość składników mineralnych w liściach (suchej masie) w poszczególnych kombinacjach. Ponadto dokonano pomiaru siły wzrostu drzew poprzez pomiaru obwodu pnia na wysokości 30 cm od powierzchni gleby.

3. Wyniki i wnioski

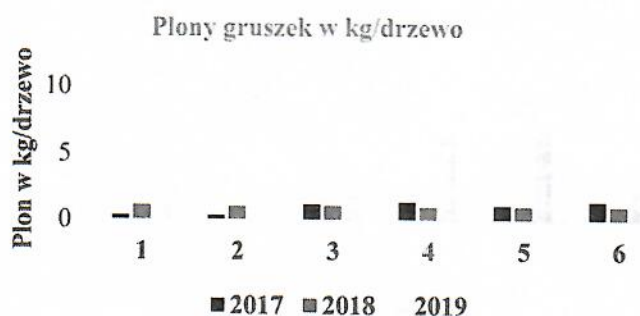
W trakcie prowadzonych badań przeprowadzono ocenę wzrostu wegetatywnego drzew, zawartości składników mineralnych w liściach oraz ocenę plonowania. Stwierdzono, iż zastosowanie nawadniania kropłowego istotnie wpłynęło na siłę wzrostu drzew wyrażoną za pomocą średnicy pnia

(mm). Wyniki potwierdzające tę tezę, w badaniach nad jabłoniami uzyskała również Tryngiel-Gać A. i in. (2015).



Rys.1. Średni przyrost pnia (mm) w poszczególnych kombinacjach w latach 2017-2019.

Najwięcej przyrosły drzewa gruszy w kombinacjach, gdzie zastosowane było nawadnianie i nawożenie N i K – kombinacja 3 i 4 (Rys.1). Średni przyrost w tych kombinacjach wyniósł od 26 do 33 mm, natomiast w kombinacjach nie nawadnianych - kontrolnych (1,2), ale nawożonych otrzymano zdecydowanie niższy średni przyrost na drzewo - wyniósł on od 12 do 14 mm.



Rys.2. Plonowanie gruszek w kg/drzewo w latach 2017-2019.

Plony z drzew w poszczególnych kombinacjach były niewielkie i wahały się od 1,6 do 7,8 kg na drzewo. Największe zbiory uzyskano z drzew nawadnianych i zasilanych jednocześnie posypowo N i K i dolistnie nawozem wieloskładnikowym - kombinacja 4,5 (Rys.2). Podobnie dodatni wpływ nawożenia potasem na wielkość plonu odnotował w swych badaniach Greenham (1965), który stwierdził, że nawożenie tym składnikiem wpłynęło na wzrost plonu roślin.

Tab.1. Średnia masa owocu (g) w poszczególnych kombinacjach.

Kombinacja	Rok		
	2017	2018	2019
1	175	90	90
2	206	123	123
3	212	131	121
4	221	138	138
5	216	141	141
6	215	151	151

Najmniejsze owoce o masie ok. 90 g uzyskano z poletek nienawadnianych a największe z poletek, gdzie stosowana była fertygacja ok. 215g (Tab.1). Największe owoce zebrano w 2017 roku,

Nauki przyrodnicze - Flora i ochrona środowiska

ich masa wynosiła od 175- 221g/owoc. Również Klein i in.(1999) osiągnął wyższe plony podczas zbiorów stosując fertygację. Nie stwierdzono różnic między kombinacjami w jędrności owoców oraz zawartości ekstraktu w czasie zbioru (Tab.2)

Tab.2. Ekstrakt (%)i jędrność (kG) owoców w poszczególnych kombinacjach i latach zbioru.

Kombinacje	Rok					
	2017		2018		2019	
	Ekstrakt (%)	Jędrność (kG)	Ekstrakt (%)	Jędrność (kG)	Ekstrakt (%)	Jędrność(k G)
1	12,4	6,51	14,8	6,41	13,4	6,15
2	12,5	6,58	14,7	6,71	13,5	6,31
3	12,5	6,50	14,7	6,35	13,1	6,22
4	12,6	6,61	14,0	6,63	12,9	6,12
5	12,8	6,58	14,1	6,41	12,9	6,01
6	12,6	5,47	13,9	6,23	12,9	5,91

W trakcie oceny zawartości składników mineralnych w suchej masie liści gruszy nienawadnianych i jednocześnie zasilanych doglebowo N i K stwierdzono, że zawierały one najmniej azotu, fosforu i potasu. Największą zawartość składników mineralnych zanotowano na poletkach fertygowanych N i K, a także nawadnianych i zasilanych doglebowo N i K oraz dolistnie nawozem wieloskładnikowym (Tab. 3,4,5)

Tab.3. Zawartość składników mineralnych w liściach gruszy w 2017 roku (s.m%)

Kombinacje	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
1	2,10	0,10	1,41	0,31	1,87
2	2,23	0,13	1,68	0,37	1,95
3	2,18	0,11	1,56	0,30	1,98
4	2,24	0,13	1,68	0,38	1,87
5	2,05	0,12	1,60	0,28	1,90
6	2,39	0,11	1,72	0,29	1,83

Badania Dasberga i in.(1988), informują nas, że fertygacja ma na celu zwiększenie efektywności wykorzystania przez roślinę składników pokarmowych a zwłaszcza azotu, który bardzo szybko przemieszcza się w głąb systemu korzeniowego i jest w najlepszy sposób wykorzystywany przez rośliny. W przeprowadzonym przez nas doświadczeniu w suchej masie liści zanotowano największy % udział azotu (Tab. 3,4,5).

Tab.4.Zawartość składników mineralnych w liściach gruszy w 2018 roku (s.m%)

Kombinacje	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
1	2,15	0,12	1,55	0,32	1,82
2	2,28	0,14	1,71	0,38	1,99
3	2,26	0,13	1,65	0,30	1,99
4	2,31	0,15	1,79	0,38	1,87
5	2,12	0,13	1,64	0,31	1,92
6	2,39	0,12	1,75	0,30	1,85

Również Treder (2003), podaje, że najlepsze efekty produkcyjne uzyskujemy przy łącznym stosowaniu fertygacji wraz z nawożeniem posypowym.

Tab.5. Zawartość składników mineralnych w liściach gruszy w 2019 roku (s.m%).

Kombinacje	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Ca (%)
1	1,90	0,16	0,77	0,30	2,15
2	2,07	0,19	0,93	0,35	2,18
3	1,97	0,19	1,06	0,29	2,19
4	2,05	0,20	1,20	0,35	2,15
5	1,82	0,17	1,00	0,29	2,13
6	2,04	0,20	1,19	0,26	2,14

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono konieczność zastosowania nawadniania w produkcji intensywnych sadów gruszkowych na glebie lekkiej w celu uzyskania wysokich plonów dobrej jakości owoców. Uzyskanie opłacalności produkcji gruszek jest tylko możliwe dzięki zastosowaniu nawadniania oraz intensywnego nawożenia azotem i potasem. Pozytywne efekty uzyskano także dzięki nawożeniu poza korzeniowemu oraz fertygacji. Zaletą tego nawożenia jest możliwość dostarczenia rozpuszczonych składników pokarmowych do całej warstwy gleby penetrowanej przez główną masę korzeni roślin. Ta forma nawożenia stwarza również warunki do precyzyjnego dokarmienia roślin w określonych fazach rozwojowych, nadaje się do dolistnego stosowania nawozów (np. azotowych) i umożliwia dzielenie nawozów na mniejsze jednorazowe dawki. Dla zintensyfikowania produkcji gruszek koniecznym jest opracowanie odpowiedniego programu nawożenia i fertygacji.

5. Literatura

- Botelho RV, Muller MML, Basso C et al. (2010) Estado nutricional de diferentes cultivares de pereira nas condições edafoclimáticas de Guarapuava-PR. *Rev. Bras. Frutic.* 32:884-891.
- Brunetto G, Nava G, Ambrosini VG et al. (2015) The pear tree response to phosphorus and potassium fertilization. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal-SP* 37(2):507-516.
- Dasberg S, Bar-Akiva A, Spazisky S et al. (1988) Fertigation versus broadcasting in an orange grove. *Fert. Res.* 15:147-154.
- GUS. Rocznik statystyczny 2017:257-260.
- Greenham DW (1965) A long-term manurial trials on dessert apple trees. *J. Hort. Sci.* 40: 213-235.
- Ikinci A, Bolat I, Ercisli S et al. (2014) Influence of rootstocks on growth yield, fruit quality and leaf mineral element contents of pear cv. „Santa Maria” in semi-arid conditions. *Biol. Res.* 47, 1-8.
- Jadczyk E (2004) Racjonalne nawożenie sadów potasem na podstawie badań SGGW w Warszawie. IX Ogólnopolskie Spotkanie Sadowników w Grójcu: 110-117.
- Jadczyk-Tobiasz E, Zygmunowska K (2008) Reakcja gruszy na zróżnicowanie nawożenia potasem w zależności od odmiany, podkładki i nawadniania. „Czynniki wpływające na plonowanie i jakość owoców roślin sadowniczych” 5: 147-168.
- Klein I, Meimon A, Skedi D (1999) Drip nitrogen, phosphorus and potassium fertigation of „Apadona” pear. *J. Plant Nutr.* 22: 489-499.
- Rzekanowski C (2009) Kształtowanie się potrzeb nawodnieniowych roślin sadowniczych w Polsce. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 3:19-27.
- Rzekanowski C (1998) Wpływ nawadniania kropłowego na plonowanie trzech odmian jabłoni. *Materiały II Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej SGGW-AR*, s. 142-149.
- Sosna I (2000) Wpływ dwóch klonów pigwy oraz dwóch sposobów prowadzenia drzew na wzrost i owocowanie kilku odmian gruszy. *Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac.* 8:209-216.

Nauki przyrodnicze - Flora i ochrona środowiska

- Sete PB, Comin JJ, Ciotta MN et al. (2019) Nitrogen fertilization affects yield and Fruit quality in pear. *Scientia Horticulturae* 258:1-7.
- Tagliavini M, Quartieri M, Millard P (1997) Remobilised nitrogen and root uptake of nitrate for leaf growth, flowers and developing fruits of pear (*P. communis*) trees. *Plant and Soil*, Dordrecht, 195:137-142.
- Treder W, Wójcik K, Tryngiel-Gać A i in. (2011) Rozwój nawodnień roślin sadowniczych w świetle badań ankietowych. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 5: 61-69.
- Treder W, Pacholak E (2006) Nawadnianie roślin sadowniczych. Nawadnianie roślin (pr. Zbior. Pod red. S. Karczmarczyka i L. Nowaka), Poznań: PWRiL, 333-365.
- Treder W (2003) Wpływ fertygacji nawozami azotowymi i wieloskładnikowymi na zmiany chemiczne gleby oraz wzrost i owocowanie jabłoni. *Monografie i Rozprawy, ISK, Skierniewice*.
- Tryngiel-Gać A, Treder W, Wójcik K i in. (2015) Efektywność nawadniania jabłoni w sadzie replantowanym. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* II/1: 257-267.
- Wójcik P (2014) Zrównoważone nawożenie roślin sadowniczych. *IUNG* s. 5-11.
- Van Arkel P (2007) Nawożenie jabłoni i gruszy w Holandii. *XXVII Seminarium sadownicze, Limanowa*: 61-64.