

*Anna Jaroszevska*

## **ZAWARTOŚĆ BARWNIKÓW ASYMLACYJNYCH W LIŚCIACH DRZEW PESTKOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD NAWADNIANIA I NAWOŻENIA**

---

### ***ASSIMILATORY PIGMENT CONTENT OF STONE FRUIT TREES LEAVES IN RELATION TO IRRIGATION AND FERTILIZATION***

#### **Streszczenie**

Badania polowe prowadzono w latach 2003 – 2005 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Lipniku k/Stargardu Szczecińskiego, na glebie lekkiej. Celem badań było określenie wpływu nawadniania podkoronowego oraz nawożenia mineralnego na zawartość chlorofilu całkowitego i karotenoidów w liściach wiśni, brzoskwini i śliwy. Nawadnianie zastosowano w postaci systemu podkoronowego, w którym woda rozprowadzana była za pomocą minizraszaczy typu Hadar, gdy potencjał wodny gleby obniżył się poniżej  $-0,01$  MPa. Nawozy azotowe stosowano wczesną wiosną, przed ruszeniem wegetacji, natomiast fosforowe i potasowe jesienią zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi. Wszystkie doświadczenia były założone metodą losowanych podbloków w układzie zależnym (ang. split-plot), w siedmiu powtórzeniach w doświadczeniu z wiśnią, pięciu z brzoskwinią i czterech powtórzeniach w doświadczeniu ze śliwą. Wszystkie doświadczenia były przeprowadzone na drzewach 4, 5 i 6-letnich. Drzewa sadzono w rozstawie: wiśnia -  $4 \times 2$  m, brzoskwinia -  $3,5 \times 3$  m, śliwa -  $4,5 \times 4$  m. Na hektarze znajdowało się 1250 szt. drzew wiśni, 952,4 szt. drzew brzoskwini oraz 555,5 szt. drzew śliwy. Między drzewami utrzymywano murawę, a w rzędach drzew - ugór herbicydowy. Materiał roślinny do badań laboratoryjnych pobierano w każdym roku w trzech terminach: w okresie wegetacji w czasie zawiązywania owoców (1 termin), zbiorów (2 termin), oraz miesiąc po zbiorach (3 termin). Badania wykazały, że liście drzew nawadnianych wszystkich badanych gatunków drzew pestkowych miały niższą zawartość chlorofilu całkowitego i karotenoidów w porównaniu do liści pobranych z drzew nie nawadnianych. Z kolei liście drzew nawożonych zawierały wyraźnie więcej barwników asymilacyjnych.

**Słowa kluczowe:** nawadnianie, nawożenie mineralne, drzewa pestkowe, chlorofil, karotenoidy

### Summary

*Field studies conducted in the years 2003 - 2005 in the Agricultural Experimental Station in Lipnik near Stargard, on sandy soil. The aim of this study was to determine the effect of irrigation and fertilization crown on the content of total chlorophyll and carotenoids in leaves of cherry, peach and plum trees. Irrigation was applied in the form of crown, in which water was distributed by type sprinkler Hadar, where the soil water potential fell below -0.01 MPa. Nitrogen fertilizers applied in early spring, before moving the vegetation, while phosphorus and potassium in the autumn according to the agricultural. All experiments were randomized block design established in the system dependent (called a split-plot), in seven replications in the experiment with cherry, peach and five with four replications in the experiment with the plums. All experiments were carried out on trees in the fourth year after planting, fall within the third year of fruiting. Trees were planted at spacing: cherry - 4 x 2 m, peach - 3.5 x 3 m, plum - 4.5 x 4 m. per hectare were 1,250 pieces of cherry trees, peach trees 952.4 pc and 555, 5 pieces of plum trees. Maintained grass between the trees, and rows of trees-herbicide fallow. Plant material for laboratory testing were collected in each year in three periods: during the growing season at fruit set (one term), collections (2 term), and a month after harvest (3 dates). Studies have shown that leaves of trees irrigated with all tested species of stone fruit trees had lower total chlorophyll content and carotenoids compared to leaves collected from trees are not irrigated. The leaves of the trees fertilized with dyes contained significantly more assimilation.*

**Key words:** irrigation, mineral fertilization, stone of fruit trees, chlorophyll, carotenoids

### WSTĘP

Zdaniem wielu badaczy [Devlin i Barker 1971; Karczmarczyk i in. 1993] barwniki asymilacyjne są jednym z najważniejszych związków chemicznych w roślinie wpływających na intensywność fotosyntezy i produkcję biomasy. W przypadku niskiej zawartości chlorofilu w tkankach asymilacyjnych może dojść do obniżenia aktywności fotosyntetycznej, a tym samym do zmniejszenia intensywności wzrostu roślin [Hall i Rao 1999; Jaumień 2001; Pilarski 2000; Wojcieszka 1994]. Brak dostatecznej ilości wody jak twierdzi Bandurska [1991] powoduje obniżenie zawartości chlorofilu, naruszenie równowagi enzymatycznej i znaczne obniżenie aktywności reduktazy azotanowej. W literaturze przedmiotu niewiele jest opracowań dotyczących wpływu nawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach drzew owocowych. Publikowane wyniki badań dotyczą głównie warzyw, ziół oraz traw, dlatego celem badań było określenie wpływu nawadniania podkoronowego oraz nawożenia mineralnego na zawartość chlorofilu całkowitego i karotenoidów w liściach wiśni, brzoskwini i śliwy.

## MATERIAŁ I METODY

W latach 2003 – 2005 zostały założone trzy dwuczynnikowe doświadczenia polowe w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Lipnik k/Stargardu Szczecińskiego. W każdym z doświadczeń oceniano: wpływ nawadniania i zróżnicowanego nawożenia mineralnego na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach drzew pestkowych (wiśnia, brzoskwinia i śliwa). Wszystkie doświadczenia były założone metodą losowanych podbloków w układzie zależnym (ang. split-plot), w siedmiu powtórzeniach w doświadczeniu z wiśnią, pięciu z brzoskwinią i czterech powtórzeniach w doświadczeniu ze śliwą. Wszystkie doświadczenia były przeprowadzone na drzewach w czwartym roku po posadzeniu, wchodzących w trzeci rok owocowania. Drzewa sadzono w rozstawie: wiśnia - 4 x 2 m, brzoskwinia - 3,5 x 3 m, śliwa - 4,5 x 4 m. Na hektarze znajdowało się 1250 szt. drzew wiśni, 952,4 szt. drzew brzoskwini oraz 555,5 szt. drzew śliwy. Między drzewami utrzymywano murawę, a w rzędach drzew - ugór herbicydowy.

**Doświadczenie nr 1.** Z wiśnią (odmiana 'Łutówka'); Czynniki I rzędu - nawadnianie podkoronowe (minizraszanie): **O** - kontrola (bez nawadniania); **W** - obiekty nawadniane, gdy potencjał wodny gleby obniżył się poniżej  $-0,01$  MPa. Do nawadniania zastosowano system podkoronowy, w którym woda rozprowadzana była za pomocą minizraszaczy typu Hadar o zasięgu zraszania  $r - 1$  m. Na każde drzewo przypadał jeden minizraszacz; Czynniki II rzędu - nawożenie mineralne: 0 NPK - kontrola (bez nawożenia), 1 NPK -  $130 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (40+30+60), 2 NPK -  $260 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (80+60+120).

**Doświadczenie nr 2.** Z brzoskwinią (odmiana 'Redhaven'); Czynniki I rzędu - podobnie jak w doświadczeniu nr 1; woda rozprowadzana była za pomocą minizraszaczy typu Hadar o zasięgu zraszania  $r - 1,5$  m; II rzędu - nawożenie mineralne: 0 NPK - kontrola (bez nawożenia), 1 NPK -  $150 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (40+50+60), 2 NPK -  $300 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (80+100+120).

**Doświadczenie nr 3.** Ze śliwą (odmiana 'Cacańska Rana'); Czynniki I rzędu - podobnie jak w doświadczeniach nr 1 i 2; woda rozprowadzana była za pomocą minizraszaczy typu Hadar o zasięgu zraszania  $r - 2$  m; II rzędu - nawożenie mineralne: 0 NPK - kontrola (bez nawożenia), 1 NPK -  $130 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (40+30+60), 2 NPK -  $260 \text{ kg NPK} \cdot \text{ha}^{-1}$  (80+60+120). Nawozy azotowe stosowano wczesną wiosną, przed ruszeniem roślinności, natomiast fosforowe i potasowe jesienią zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

W okresie wegetacji w czasie zawiązywania owoców (**1 termin**), zbiorów (**2 termin**), oraz miesiąc po zbiorach (**3 termin**) pobrano z każdego doświadczenia liście, w których oznaczono zawartość chlorofilu i karotenoidów. Materiał do badań pobierano ze środkowej części długopędów rozmieszczonych na obwodzie korony w połowie jej wysokości ze wszystkich powtórzeń każdej kombinacji doświadczalnej. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w świeżym materiale roślinnym oznaczono metodą Arnona [1956] z dwumetyloformamidem.

Warunki klimatyczne panujące w latach 2003-2005 oraz dawki wody zastosowanej w doświadczeniu przedstawiono w tabelach 1-2.

Wyniki badań opracowano statystycznie, z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń wieloletnich, na średnich obiektowych z pojedynczych doświadczeń z odtworzonymi błędami, a istotność różnic przy  $NIR_{0,05}$  oceniono testem Tuckey'a.

**Tabela 1.** Sumy opadów (mm) oraz średnie wartości temperatury powietrza (°C) w latach 2003-2005

**Table 1.** Sum of rainfall (mm) and mean air temperature (°C) in years 2003-2005

Miesiąc	Średnie wieloletnie 1961-1994		Opady (mm)			Temperatura (°C)		
	Opady (mm)	Temperatura (°C)	Lata					
			2003	2004	2005	2003	2004	2005
IV	37,8	7,2	14,5	20,7	13,7	7,6	9,4	9,2
V	51,1	12,5	33,8	39,5	67,5	15,0	13,0	13,1
VI	61,3	15,9	29,7	61,0	25,7	17,2	16,0	15,8
VII	63,2	17,4	80,7	69,8	76,2	20,4	17,9	19,4
VIII	56,1	17,0	16,0	47,2	53,2	20,6	19,9	16,6
IX	46,8	13,2	45,7	33,5	25,8	14,4	13,9	15,5
X	38,9	8,6	35,1	40,0	20,5	5,7	9,6	10,2
IV-X	355,2	13,1	255,5	311,7	282,6	14,4	14,2	14,3

**Tabela 2.** Dawki wody zastosowanej do nawadniania w latach 2003-2005 (mm)

**Table 2.** Supplemental irrigation of stone fruit trees in years 2003-2005 (mm)

Lata	Gatunek		
	wiśnia	brzoskwinia	śliwa
2003	61,3	53,3	37,9
2004	27,5	28,6	21,7
2005	48,8	42,8	26,1
łącznie	137,6	124,7	85,7

## WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Oprócz białek i lipidów istotnym elementem, charakterystycznym wyłącznie dla błon transformujących energię świetlną, jest występowanie barwników fotosyntetycznych. Główne barwniki fotosyntetyczne to chlorofile, nadające roślinom zieloną barwę. Obok chlorofili w błonach fotosyntetycznych występują barwniki pomocnicze, do których zaliczamy karotenoidy [Strzałka 1998]. Do szeregu ważnych czynników warunkujących prawidłowy przebieg procesu fotosyntezy (m.in. sprawny aparat asymilacyjny, enzymy, światło, temperatura powietrza) należą również barwniki asymilacyjne, woda i związki mineralne. Zwiększone zaopatrzenie roślin w azot aktywizuje procesy wzrostu, co odzwierciedla się między innymi w zwiększeniu powierzchni liści i stopnia rozkrzewie-

nia, nie pozostając bez wpływu na intensywność fotosyntezy i aktywność fotosyntetyczną roślin oraz na akumulację wytworzonych asymilantów, a w efekcie na produktywność fotosyntezy i wielkość plonu [Wojcieszka 1994]. Przeprowadzone przez autorkę [Jaroszevska i in. 2009] badania dotyczące wpływu nawadniania uzupełniającego oraz nawożenia mineralnego na aktywność fotosyntetyczną i plonowanie drzew pestkowych wykazały w liściach nawadnianych i nawożonych drzew tendencję do wzrostu asymilacji i transpiracji. Zastosowane zabiegi agrotechniczne sprzyjały procesowi fotosyntezy, a tym samym wpłynęły na podwyższenie plonów. Efekty produkcyjne badanych gatunków drzew w poszczególnych latach badań zależały wysoce istotnie od intensywności procesu asymilacji. Istotny i wprost proporcjonalnie skorelowany wpływ transpiracji na wysokość plonowania wiśni stwierdzono w pierwszym i ostatnim roku badań.

Wyniki badań własnych nad wpływem nawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość barwników asymilacyjnych wskazują, że zastosowane zabiegi agrotechniczne, zmieniły zawartość pigmentów w liściach badanych drzew (tab. 3-4).

**Tabela 3.** Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach drzew pestkowych, w trzech terminach (średnio z lat), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]

**Table 3.** Effect of irrigation and fertilization on total chlorophyll content in leaves of trees seeded at three dates (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]

Obiekty*		I termin*	II termin	III termin
<b>Wiśnia</b>				
Nawadnianie	O	2397,9	2661,2	2075,6
	W	2405,4	2539,4	2007,2
Poziomy nawożenia	0 NPK	2279,4	2734,6	2050,5
	1 NPK	2362,2	2550,1	1984,2
	2 NPK	2563,5	2516,2	2089,5
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.**	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.
<b>Brzoskwinia</b>				
Nawadnianie	O	1468,4	1639,9	1072,9
	W	1447,9	1499,7	1062,8
Poziomy nawożenia	0 NPK	1426,9	1571,6	1033,8
	1 NPK	1362,8	1461,4	986,1
	2 NPK	1584,7	1676,4	1183,9
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.
<b>Śliwa</b>				
Nawadnianie	O	1755,6	1741,6	1518,2
	W	1685,8	1656,5	1487,3
Poziomy nawożenia	0 NPK	1625,8	1634,0	1455,9
	1 NPK	1764,3	1735,4	1518,2
	2 NPK	1771,7	1727,8	1534,2
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.

\* jak w metodyce, \*\*r.n. - różnica nieistotna

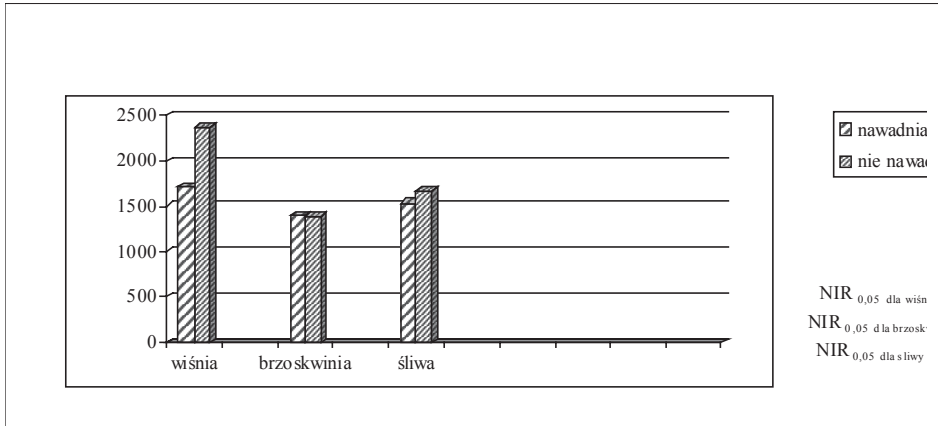
**Tabela 4.** Wpływ nawadniania i nawożenia mineralnego na zawartość karotenoidów w liściach drzew pestkowych, w trzech terminach (średnio z lat) [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]  
**Table 4.** Effect of irrigation and fertilization on total carotenoids content in leaves of trees seeded at three dates (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]

Obiekty*		I termin	II termin	III termin
<b>Wiśnia</b>				
Nawadnianie	O	890,2	963,6	657,6
	W	882,7	969,5	632,4
Poziomy nawożenia	0 NPK	823,9	965,8	646,6
	1 NPK	867,9	960,8	637,1
	2 NPK	967,5	972,9	651,3
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.**.	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.
<b>Brzoskwinia</b>				
Nawadnianie	O	697,7	656,7	555,6
	W	771,6	660,1	603,5
Poziomy nawożenia	0 NPK	730,9	643,8	502,8
	1 NPK	721,8	659,0	592,8
	2 NPK	751,2	672,3	643,0
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.
<b>Śliwa</b>				
Nawadnianie	O	614,4	786,8	622,6
	W	609,4	802,8	612,5
Poziomy nawożenia	0 NPK	545,0	811,6	604,6
	1 NPK	655,8	798,3	625,5
	2 NPK	635,0	774,5	622,7
NIR <sub>0,05</sub> dla	nawadniania	r.n.	r.n.	r.n.
	nawożenia	r.n.	r.n.	r.n.

\* jak w metodyce, \*\*r.n. - różnica nieistotna

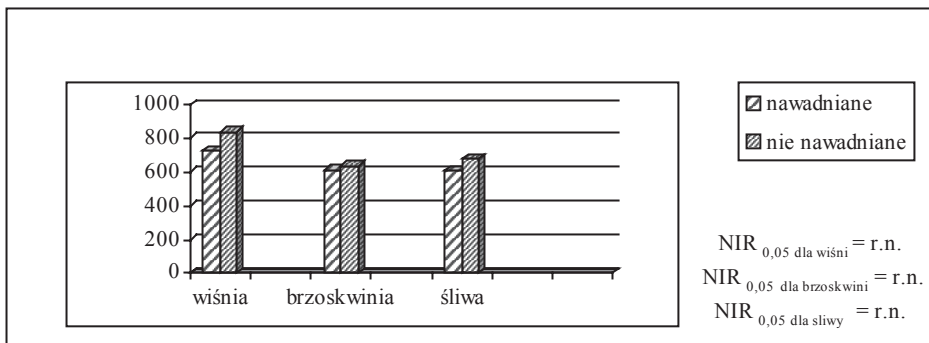
Jednak ich istotny wpływ zaznaczył się wyłącznie w liściach śliwy, zmniejszeniem koncentracji chlorofilu całkowitego na poletkach nawadnianych oraz jego wzrostem na obiektach nawożonych (średnio z lat) (rys.1-4).

W liściach drzew nawadnianych stwierdzono tendencję do zmniejszenia zawartości chlorofilu całkowitego we wszystkich trzech terminach, z wyjątkiem liści wiśni pobranych w okresie zawiązywania owoców (tab.3), co znajduje potwierdzenie w badaniach Olszewskiej [2003], która uważa, że koncentracja tego barwnika jest wyraźnie wyższa w roślinach znajdujących się w stresie wodnym. Na poletkach nawadnianych zawartość karotenoidów we wszystkich badanych terminach wzrosła jedynie w liściach brzoskwini. W liściach wiśni i śliwy wyższą koncentrację badanego barwnika zanotowano w okresie zbiorów (tab. 4). Przedstawione na rys.1 uśrednione wyniki badań z trzech lat wskazują na istotny wpływ nawadniania uzupełniającego na spadek koncentracji chlorofilu całkowitego jedynie w liściach śliwy (o 8 %).



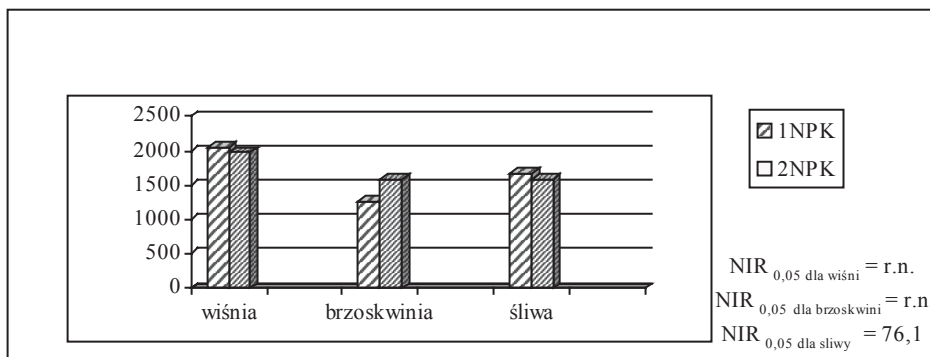
**Rysunek 1.** Wpływ nawadniania na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach drzew pestkowych (średnio z lat), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]

**Figure 1.** Effect of irrigation on total chlorophyll content in leaves of stone fruit trees (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]



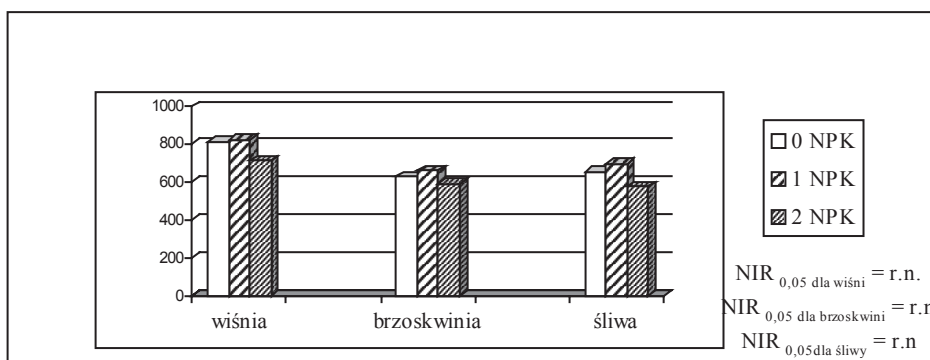
**Rysunek 2.** Wpływ nawadniania na zawartość karotenoidów w liściach drzew pestkowych (średnio z lat), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]

**Figure 2.** Effect of irrigation on the content of carotenoids in the leaves of stone fruit trees (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]



**Rysunek 3.** Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość chlorofilu całkowitego w liściach drzew pestkowych (średnio z lat), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]

**Figure 3.** Effect of mineral fertilization on the total chlorophyll content in leaves of stone fruit trees (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]



**Rysunek 4.** Wpływ nawożenia mineralnego na zawartość karotenoidów w liściach drzew pestkowych (średnio z lat), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  ś.m.]

**Figure 4.** Effect of mineral fertilization on the content of carotenoids in the leaves of stone fruit trees (average of years), [ $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  fresh matter]

Zdaniem Zbieć i in. [1989] najmniej chlorofilu całkowitego zawierają liście roślin słabo nawożonych, nawadnianych, a największym poziomem tego barwnika odznaczają się liście roślin z obiektów nie nawadnianych, lecz wysoko nawożonych. Nawożenie zdaniem autorów wyraźnie zwiększa w liściach zawartość zarówno chlorofilu jak i karotenoidów. Podobnie uważa Rumasz-Rudnicka [2010], która zanotowała, że w liściach nawadnianych traw koncentracja chlorofilu i karotenoidów była istotnie niższa niż w liściach roślin nie



nawadnianych. Z kolei nawożenie, zwłaszcza wyższymi dawkami, zdaniem autorki zwiększało zawartość badanych barwników asymilacyjnych.

Uzyskane wyniki wskazują na tendencję do wzrostu koncentracji barwników asymilacyjnych w zielonych częściach badanych roślin pod wpływem wzrastających dawek nawożenia mineralnego (tab. 3-4). W przeprowadzonym doświadczeniu zawartość obu badanych barwników asymilacyjnych w liściach drzew nawożonych drzew pestkowych we wszystkich trzech terminach, z wyjątkiem liści śliwy w okresie zbiorów, w których koncentracja karotenoidów pod wpływem nawożenia dawką 1 NPK oraz 2 NPK zmalała. Istotny wpływ nawożenia stwierdzono jedynie u śliwy (średnio z lat). Nawożenie mineralne na poziomie 1NPK zwiększyło koncentrację karotenoidów o 6%, natomiast dawka 2NPK zmniejszyła ich zawartość o 12% (rys. 3), w porównaniu do kontroli. Podobne rezultaty otrzymali Politycka i Golec [2004] oraz Biczak i in.[1988], którzy stwierdzili, że zawartość chlorofilów w liściach bazylii wonnej i selera była dodatnio skorelowana z nawożeniem azotowym.

W badaniach własnych zaobserwowano również tendencję do wzrostu zawartości chlorofilu całkowitego w okresie zbiorów, a spadku miesiąc po zbiorach. Prawdopodobnie takie zmiany w zawartości tego barwnika są wynikiem procesów fizjologicznych zachodzących w roślinie. W młodych liściach, pod wpływem światła następuje synteza chlorofilu, którego zawartość zwiększa się wraz z rozwojem rośliny. Natomiast spadek jego koncentracji po zbiorach mógł być wynikiem stopniowego rozkładu tego barwnika, co prowadzi do przebarwienia liści i uwidocznienia się karotenoidów.

## WNIOSKI

1. W liściach drzew nawadnianych stwierdzono tendencję do spadku koncentracji chlorofilu całkowitego, natomiast w liściach drzew nawożonych do wzrostu zawartości zarówno chlorofilu całkowitego jak i karotenoidów.

2. Istotny wpływ obu zastosowanych zabiegów stwierdzono jedynie w liściach śliwy. W liściach drzew nawadnianych zanotowano spadek zawartości chlorofilu całkowitego o 8 %, natomiast w liściach nawożonych dawką 1NPK wzrost ich koncentracji o 6%, a dawką 2NPK zmniejszenie o 12%.

## BIBLIOGRAFIA

- Arnon D.J., Allen M.B., Whatley F. *Photosynthesis by isolated chloroplasts*. Biochim. Biophys. Acta 20, 1956, s. 449–461.
- Biczak R., Gurgul E., Herman B., *The effect of NPK fertilization on yield and content of chlorophyll, sugars and ascorbic acid in celery*. Folia Hort.10 (2),1998, s. 23-34.
- Devlin R.M., Barker A.V. *Photosynthesis*. Van Nostrand Reinhold Co., New York. 1971.

- Bandurska H. *Akumulacja wolnej proliny jako przejaw metabolicznej reakcji roślin na działanie stresu wodnego*. Wiadomości Botaniczne. 35(1),1991, s. 35-46.
- Hall D.O., Rao K.K. *Fotosynteza*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne Warszawa. 1999.
- Jaroszewska A., Podsiadło C., Rumasz-Rudnicka E. *Wpływ nawadniania podkoronowego oraz nawożenia mineralnego na aktywność fotosyntetyczną trzech gatunków drzew pestkowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich.3/2009,2009, s.201-211.
- Jaumień F. *Czy można oddziaływać na przebieg fotosyntezy w sadzie?*. Ogrodnictwo 4, 2001, s. 13-17.
- Karczmarczyk S., Koszański Z., Podsiadło C. *Przebieg niektórych procesów fotosyntetycznych oraz plonowanie pszenicy ozimej i pszenżyta pod wpływem deszczowania i nawożenia azotem Część I. Zawartość chlorofilu i karotenoidów w niektórych organach pszenicy ozimej i pszenżyta*. Acta Agrobotanica Vol. 46, z. 1,1993, s. 15.
- Pilarski J. *Phytosynthetic activity of stems and leaves of apple, sweet cherry, and plum trees*. Folia Hort. 12/1,2000, s. 41-44.
- Olszewska M. *Reakcja wybranych odmian kostrzewy łąkowej i tymotki łąkowej na stres wodny*. Acta Sci. Pol. – Agricultura (Agronomia), 2, 2003, s.141-148.
- Politycka B.,Golcz A. *Content of chloroplast pigments and anthocyanins in the leaves of Ocimum basilium L. depending on nitrogen doses*. Folia Hort.16(1), 2004, s.23-29.
- Rumasz-Rudnicka E. *Wpływ nawadniania i nawożenia azotem na asymilację i transpirację życicy westerwaldzkiej*. Acta Agrophysica 15(2),2010, s.395-408.
- Strzałka K. *Fotosynteza i chemosynteza. Podstawy fizjologii roślin*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa. 5.1,1998, s.229-284.
- Wojcieszka U. *Fizjologiczna rola azotu w kształtowaniu plonu roślin. Część II. Żywienie roślin azotem a fotosynteza, fotorespiracja i oddychanie ciemniowe*. Post. Nauk Roln. 1/94,1994, s. 127-143.
- Zbieć I., Karczmarczyk S., Kowalski W., Friedrich S., Gurgul E. *Wpływ zaopatrzenia kukurydzy w wodę i nawozy mineralne na jej wzrost, budowę oraz zawartość barwników i aktywność niektórych enzymów w liściach*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 343, 1989, s.101-109.

Dr inż. Anna Jaroszewska  
Katedra Gospodarki Wodnej  
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny  
ul.Słowackiego17  
71-434 Szczecin  
tel. (091) 4496238  
e-mail: nawodnienia@zut.edu.pl

Recenzent: Prof. dr. hab Waldemar Treder