

WPLYW WYBRANYCH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN NA POZIOM KAROTENÓW I KSANTOFILI W ROŚLINACH RÓŻNYCH ODMIAN JĘCZMIENIA JAREGO

Maria Bubicz¹, Barbara Baraniak¹, Marian Wesołowski²

¹Katedra Chemii AR

²Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin AR
w Lublinie

S y n o p s i s. Określono zmiany zawartości karotenów i ksantofili w roślinach trzech odmian jęczmienia jarego (Bielik, Dema, Lot) uprawianych w siewie czystym i w mieszkach dwuodmianowych i trójodmianowej. Porównano poziom karotenoidów w warunkach uprawy ekstensywnej i intensywnej, w której zastosowano herbicyd - Chwastox DF i retardant - Flordimex TH. Otrzymane wyniki uzależnione były od odmiany jęczmienia i warunków atmosferycznych w latach doświadczenia (1993-1994). Warunki atmosferyczne wpłynęły również na stopień wrażliwości poszczególnych odmian na działanie chemicznych środków ochrony roślin.

S ł o w a k l u c z o w e - key words: jęczmień - barley, karoteny - carotenes, ksantofile - xanthophylls, herbicyd - herbicid, regulator wzrostu roślin - plant growth regulator.

WSTĘP

Karotenoidy są to żółte i pomarańczowe barwniki o charakterze lipidowym, powszechnie występujące w roślinach. W żywieniu zwierząt i człowieka związki te odgrywają ważną rolę, ponieważ są prekursorem witaminy A. Karotenoidy występują w chromoplastach zarówno w tkankach asymilacyjnych, jak i zapasowych i obok chlorofilu w chloroplastach, w postaci kompleksu z białkami strukturalnymi lamelli. W procesie fotosyntezy karotenoidy spełniają dwie zasadnicze funkcje: pochłoniętą energię kwantów przekazują na chlorofil, rozszerzając w ten sposób widmo czynne fotosyntezy oraz chronią komórki roślinne przed zmianami wywołanymi fotooksydacją. Proces ten polega na utlenianiu karotenoidów do ich pochodnych, dzięki czemu sąsiadujące z nimi cząsteczki chlorofilu nie ulegają rozkładowi na zbyt intensywnym świetle. Wpływa to na wydajność fotosyntezy i ilość gromadzonych materiałów zapasowych. Trzecia funkcja karotenoidów w roślinach związana jest ze zjawiskiem fototropizmu, gdyż najsilniejsza reakcja fototropijna pędów rośliny występuje przy długościach fal odpowiadających maksimum absorpcyjnym karotenu.

Stosowane w uprawie chemiczne środki, obok wpływu na wielkość i jakość plonów, modyfikują również procesy fizjologiczne zachodzące w trakcie ontogenezy roślin. Powszechnie wprowadza się syntetyczne regulatory wzrostu, które powodują zmiany w ogólnym statusie hormonalnym rośliny [6, 8, 11]. Badanie poziomu bioaktywnych substancji w roślinach traktowanych regulatorami wzrostu obrazuje z jednej strony efektywność ich stosowania, z drugiej zaś stanowi przyczynek do wyjaśniania mechanizmu ich działania.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były rośliny jęczmienia jarego, uprawiane w siewie czystym i w mieszankach w latach 1993-1994, na glebach kompleksu pszenneego dobrego, w warunkach klimatycznych Lubelszczyzny. Uwzględniono uprawę trzech odmian (Bielik, Dema, Lot) w siewie czystym oraz w zestawionych proporcjonalnie wagowo trzech mieszankach dwuodmianowych i w jednej mieszance trójodmianowej. Doświadczenie założono metodą bloków losowych w czterech powtórzeniach w stanowisku po ziemniaku uprawianym na oborniku. W każdej z siedmiu kombinacji wykonywano osobny siew przy takim samym ustawieniu skrzyni siewnika (norma wysiewu 140 kg/ha). Z uwagi na małą powierzchnię poletek (20 m²) ziarno dawano do siewnika z pewnym zapasem, takim samym dla wszystkich wariantów. W uprawie ekstensywnej stosowano mechaniczną pielęgnację, natomiast w uprawie intensywnej obok mechanicznej pielęgnacji, stosowano chemiczne środki ochrony roślin. W fazie pełni krzewienia traktowano rośliny herbicydem Chwastox DF - pochodną kwasu fenoksyoctowego (w ilości 3 l/ha), natomiast w fazie liścia flagowego - regulatorem wzrostu - Flordimex TH, w ilości 0,25 l/ha. Części nadziemne jęczmienia jarego pobierano losowo z czterech poletek doświadczalnych o powierzchni 25 cm x 25 cm w fazie liścia flagowego (przed opryskiem Flordimexem) i w fazie kłoszenia.

Materiał roślinny homogenizowano i karotenoidy ekstrahowano mieszaniną acetonu z eterem naftowym (1:1). Następnie aceton wymywywano wodą, a ekstrakt eterowy, wysuszony siarczanem sodu, zateżano pod zmniejszonym ciśnieniem w temperaturze 35°C. Rozdział karotenoidów przeprowadzono na kolumnie chromatograficznej wodorotlenkiem wapnia, stosując do elucji roztwory eteru naftowego z rosnącą (do 40%) zawartością acetonu [3]. Zawartość karotenów i ksantofili mierzono spektrofotometrycznie.

Wszystkie analizy chemiczne wykonano w trzech powtórzeniach. Otrzymane wyniki opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność różnic oceniono testem Tukeya z 1% prawdopodobieństwem błędu.

WYNIKI I DISKUSJA

Z badanych odmian jęczmienia, uprawianych ekstensywnie, najniższą zawartością karotenoidów charakteryzowała się odmiana Bielik, najwyższą Lot (tab. 1-4). W pierwszym, 1993 roku badań poziom karotenoidów był niższy, niż w 1994, wyjątkowo suchym i słonecznym roku. W obydwu latach poziom tych barwników spadał, w miarę wzrostu roślin, przy czym większy spadek ich zawartości (ok. dwukrotny) pomiędzy fazą liścia flagowego a fazą kłoszenia odnotowano w pierwszym roku badań. Biorąc pod uwagę zależności otrzymane po rozdziale karotenoidów na karoteny i ksantofile, to układały się one odmiennie w poszczególnych latach: w pierwszym - spadek karotenów był większy niż ksantofili, w drugim odwrotnie - bardziej obniżyła się zawartość ksantofili (tab. 1-4). Te prawidłowości dotyczą zarówno wysiewanych czystych odmian, jak i ich stosowania w mieszankach. Świadczy to o stymulującym wpływie słonecznej i suchej pogody na utlenianie i izomeryzację karotenoidów.

Tabela 1. Zawartość karotenów (w mg/kg s.m.) w roślinach jęczmienia jarego uprawianego w warunkach ekstensywnych i intensywnych, zebranych w fazie liścia flagowego
Table 1. The carotenes content (mg/kg d.m.) in barley of extensive and intensive cultivation harvested of flagging leaf phase

Odmiana Variety	Ekstensywna - Extensive			Intensywna - Intensive		
	1993	1994	średnia mean	1993	1994	średnia mean
Bielik	337,02	372,96	354,99	244,36	550,46	397,41
Dema	375,21	442,21	409,05	273,36	444,08	358,70 ^a
Lot	399,13*	459,72	429,43	359,13	402,08* ^a	380,61
Bielik + Dema	274,51	382,62	328,57	311,54	409,49	360,52 ^a
Bielik + Lot	321,15	426,73	373,93*	345,70	404,53 ^a	375,12*
Dema + Lot	391,57	451,84	421,71	306,73	371,75	339,24
Bielik + Dema + Lot	386,12	392,32	389,22	284,69	346,46	315,59
NIR-LSD (P=0,01)	3,949	3,949	2,793	3,949	3,949	2,793
Średnia NIR P _{0,01} 0,822			386,70	361,02		

Objaśnienia: - wartości średnie oznaczone w tej samej kolumnie tymi samymi literami nie różnią się istotnie
- wartości średnie oznaczone gwiazdką w tym samym wierszu nie różnią się istotnie

Tabela 2. Zawartość karotenów (w mg/kg s.m.) w roślinach jęczmienia uprawianego w warunkach ekstensywnych i intensywnych, zebranych w fazie pełni kłoszenia
Table 2. The carotenes content (mg/kg d.m.) in barley of extensive and intensive cultivation harvested of fullness ear phase

Odmiana Variety	Ekstensywna - Extensive			Intensywna - Intensive		
	1993	1994	średnia mean	1993	1994	średnia mean
Bielik	160,07	258,39	209,32	141,74	294,70	218,22
Dema	175,66 ^a	339,29 ^a	257,48	180,85 ^a	223,99	202,25
Lot	179,35 ^a	358,88	269,12	166,52	200,99	183,76
Bielik + Dema	129,11 ^b	231,71	180,37	191,33 ^b	288,59	239,96
Bielik + Lot	140,28	305,95	223,12	180,39 ^a	231,22	205,81
Dema + Lot	184,36	337,77 ^a	261,06	190,54 ^b	269,29	229,92
Bielik + Dema + Lot	130,98 ^b	240,41	185,70*	160,35	213,36	186,86*
NIR-LSD (P=0,01)	3,949	3,949	2,793	3,949	3,949	2,793
Średnia NIR P _{0,01} 0,822			226,59	209,54		

Objaśnienia: jak w tabeli 1

Tabela 3. Zawartość ksantofili (mg/kg s.m.) w roślinach jęczmienia uprawianego w warunkach ekstensywnych i intensywnych, zebranych w fazie liścia flagowego

Table 3 The xanthophylls content (mg/kg d.m.) in barley of extensive and intensive cultivation, harvested of flagging leaf phase

Odmiana Variety	Ekstensywna - Extensive			Intensywna - Intensive		
	1993	1994	średnia mean	1993	1994	średnia mean
Bielik	439,90	533,88	486,89	334,70	844,53	589,62
Dema	503,98	573,93	538,90 ^a	375,10	766,07	570,59
Lot	578,73	673,74	626,24	439,40	675,20	557,30
Bielik + Dema	428,26 ^a	513,55	470,83	382,63	785,30	583,97
Bielik + Lot	432,08 ^a	689,32 ^a	560,74	469,69	745,79	607,74
Dema + Lot	537,02	693,11 ^a	615,07	412,68	579,96	496,32
Bielik + Dema + Lot	518,53	560,61	539,57 ^a	379,57	572,80	476,19
NIR-LSD (P=0,01)	4,400	4,400	3,111	4,400	4,400	3,111
Średnia NIR P _{0,01}			0,916	548,32		
				554,53		

Objaśnienia: jak w tabeli 1.

Tabela 4. Zawartość ksantofili (w mg/kg s.m.) w roślinach jęczmienia uprawianego w warunkach ekstensywnych i intensywnych, zebranych w fazie pełni kłoszenia

Table 4. The xanthophylls content (mg/kg d.m.) in barley of extensive and intensive cultivation, harvested of fullness ear phase

Odmiana Variety	Ekstensywna - Extensive			Intensywna - Intensive		
	1993	1994	średnia mean	1993	1994	średnia mean
Bielik	283,46 ^a	326,99	305,23	237,85 ^a	416,06	326,94 ^b
Dema	284,79 ^a	394,77	339,78	241,39 ^a	367,87 ^a	304,63
Lot	289,22	431,22	360,22	257,30	338,61	297,96 ^a
Bielik + Dema	229,20	284,43	256,82	287,49 ^b	400,55	344,02
Bielik + Lot	244,39	377,93	311,16	265,24	330,29	297,77 ^a
Dema + Lot	263,70	385,19	324,45*	285,79 ^b	368,26 ^a	327,03 ^{b*}
Bielik + Dema + Lot	239,60	298,15	268,88	252,66	300,92	276,79
NIR-LSD (P=0,01)	4,400	4,400	3,111	4,400	4,400	3,111
Średnia NIR P _{0,01}			0,916	309,51		
				310,73		

Objaśnienia: jak w tabeli 1

Rośliny zbożowe uprawiane są w siewach mieszanych w celu zwiększenia plonowania [4]. Jak widać z danych otrzymanych w niniejszej pracy, ten sposób uprawy na ogół obniża poziom karotenoidów, szczególnie mieszanki Bielik z Demą. W takim wariacie procentowy udział karotenów w ogólnej ilości karotenoidów był najniższy w 1993 roku, natomiast w roku następnym parametr ten osiągnął najmniejszą wartość dla mieszanki Bielik z odmianą Lot (tab. 5). W obu badanych latach największy spadek ogólnej zawartości karotenoidów i poszczególnych ich form, postępujący w miarę rozwoju rośliny, uzyskano dla mieszanki wszystkich trzech odmian jęczmienia jarego (Bielik, Dema, Lot).

Tabela 5. Procentowa zawartość karotenów w sumie karotenoidów w roślinach jęczmienia uprawianego ekstensywnie i intensywnie

Table 5. % of carotenes in total carotenoids in barley of extensive and intensive cultivation

Odmiana <i>Variety</i>	Ekstensywna - <i>Extensive</i>				Intensywna - <i>Intensive</i>			
	1993		1994		1993		1994	
	I zbiór <i>I har-vest</i>	II zbiór <i>II har-vest</i>	I zbiór <i>I har-vest</i>	II zbiór <i>II har-vest</i>	I zbiór <i>I har-vest</i>	II zbiór <i>II har-vest</i>	I zbiór <i>I har-vest</i>	II zbiór <i>II har-vest</i>
Bielik	43	36	41	44	42	37	41	44
Dema	43	40	44	44	42	35	37	38
Lot	41	38	41	45	45	39	37	37
Bielik+Dema	39	36	43	45	45	40	34	47
Bielik+Lot	43	37	38	45	42	41	35	45
Dema+Lot	42	41	40	47	43	40	38	45
Bielik+Dema+Lot	43	35	41	45	43	39	43	39

Wprowadzanie do praktyki rolniczej chemicznych środków ochrony roślin o zwiększonym spektrum działania stwarza potrzebę analizowania ich wpływu nie tylko na ilość i jakość plonów, ale także na możliwość modyfikacji procesów fizjologicznych roślin. Stosowane w uprawie zbóż preparaty, takie jak retardanty, obok działania antywyłegającego są regulatorami wzrostu roślin. Należy do nich zastosowany w badaniach Flordimex, którego substancją czynną jest etylogenny etefon (kwas 2-chloroetylofosfonowy). Preparat ten znalazł zastosowanie jako regulator wzrostu drzew owocowych, kukurydzy oraz w produkcji sadzonek wielu roślin, w szczególności pomidorów [1, 2, 5, 9]. Oddziaływanie tego preparatu na kumulację karotenoidów w częściach nadziemnych jęczmienia jarego uzależnione jest przede wszystkim od warunków pogodowych (tab. 1-4). Najbardziej wrażliwa na zmiany pogody okazała się odmiana Bielik, dla której pod wpływem Flordimexu w pierwszym roku badań uzyskano obniżenie zarówno ogólnej ilości karotenoidów (podobnie jak w przypadku wszystkich odmian wysiewanych pojedynczo), jak i poszczególnych jego form, a w drugim roku podwyższenie poziomu analizowanych barwników. Natomiast w wariacie siewu mieszanego Flordimex w roku 1993 spowodował zwiększenie poziomu karotenów i ksantofili, a w 1994 roku obniżenie zawartości tych składników (z wyjątkiem dwuodmianowej mieszanki Bielik z Demą).

Tendencję spadku zawartości karotenoidów w miarę ontogenezy roślin jęczmienia, którą zwiększały zastosowane w uprawie regulatory wzrostu (w tym Flordimex), stwierdził w swoich badaniach Majewski [7], analizując efekty stosowania w uprawie jęczmienia (odm. Dwa) wybranych preparatów biostymulujących. Jak wynika z rezultatów niniejszej pracy, de-

degradację karotenoidów można częściowo redukować wysiewając mieszanki odmianowe jęczmienia. Sposób ten daje efekty, jeśli okres wegetacji roślin zbiega się z mniejszym nasłonecznieniem, a większym nawilgotnieniem powietrza.

Otrzymane zmiany zawartości karotenoidów w fazie pełni kłoszenia mogą być rezultatem interakcji obu zastosowanych w uprawie jęczmienia preparatów. Jednakże reakcja roślin zebranych w fazie liścia flagowego na Chwastox DF też nie była jednoznaczna i uzależniona zarówno od warunków atmosferycznych, jak i sposobu uprawy. W pierwszym roku badań tylko mieszanka dwuodmianowa Bieliku z Lotem wykazała wzrost poziomu ogólnej ilości karotenoidów, której przyczyną było zwiększenie zawartości karotenów (tab. 1). Natomiast w drugim roku odmiana Bielik i Dema w siewie czystym zareagowała zwiększoną syntezą karotenoidów, co spowodowało również ich wzrost w dwuodmianowych mieszankach Bielik z Demą i Bielik z Lotem. Spadek zawartości karotenoidów w mieszankach (dwuodmianowej Demy z Lotem i trójodmianowej - Bielik, Dema i Lot), pomimo ich wzrostu w odmianie Dema wysiewanej oddzielnie świadczy o tym, że odmiana ta w uprawie intensywnej po zastosowaniu herbicydu jest odmianą najmniej dominującą.

Na podstawie badań zmian zawartości barwników trudno jest wnioskować o mechanizmie działania środków bioaktywnych na procesy fizjologiczne roślin. Wiadomo jednak, że pochodne kwasu fenoksyoctowego (które są składnikami zastosowanego preparatu) wykazują aktywność auksynową. Najbardziej poznaczonym efektem działania tej grupy fitohormonów jest stymulacja wzrostu elongacyjnego komórek. Fakt zwiększenia zawartości ksantofili w drugim roku badań może świadczyć o konkurencyjnym działaniu karotenoidów w stosunku do oksydazy indoliloocetanowej, który to enzym przeprowadza utlenianie endogennych auksyn, powodując ich inaktywację. Warunki atmosferyczne mogą przyspieszać β -oksydację syntetycznych analogów hormonów roślinnych, co wzmacnia ich aktywność. Zmiany w poziomie fitohormonów modyfikują wzrost i rozwój komórek [6, 8, 10, 11] również poprzez zróżnicowanie poziomu barwników fotosyntetycznych, co dowodzą wyniki przedstawionych badań.

WNIOSKI

1. Zawartość karotenoidów w częściach nadziemnych jęczmienia jarego uzależniona jest od wysiewanej odmiany i przebiegu warunków atmosferycznych.
2. W okresie rozwoju wegetatywnego poziom karotenoidów w roślinach maleje, zwłaszcza w warunkach cieplej i suchej pogody, przy czym stopień tego procesu jest większy u roślin wysiewanych w mieszankach.
3. W niesprzyjających warunkach atmosferycznych zastosowanie Chwastoxu DF na ogół hamuje biosyntezę karotenoidów w jęczmieniu.
4. Najbardziej wrażliwa na działanie preparatu Flordimex TH okazała się odmiana Bielik i wszystkie mieszanki odmianowe.

PIŚMIENNICTWO

1. Bratsch A.D., Mack H.J., 1990: Hort. Science, 25, 291-293.
2. Byers R.E., 1993: Hort. Science, 28, 1103-1105.
3. Bubicz M., 1965: Bull. Acad. Polon. Sci., ser. Sci.Biol., 13, 251-255.
4. Dziamba Sz., Rachoń L., 1992: Fragm. Agron., 1, 94-100.
5. Elfving D.C., Cline R.A., 1993: Hort. Science, 28, 1011-1014.
6. Kozmina L.M., 1990: Regulatory rosta rastenij. Moskwa, Agropromizdat.

7. Majewski K., 1987: Wpływ wybranych regulatorów wzrostu na skład chemiczny roślin i ziarna jęczmienia jarego. Rozprawa doktorska.
8. Nickell L.G., 1982: Plant growth regulators. Agriculture uses. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlag.
9. Pisarczyk J.M., Splittstoesser W.E., 1979: J. Amer. Soc. Hort. Sci., 104, 342-344.
10. Prusakova L.D., Cizova S.I., 1987: Chimija v Sielsk. Choz., 25, 33-35.
11. Zemskaja V.A., Rakitin V.J., Kalibernaja Z.V., Cernikova I.M., 1985: Fizjol. Rast., 32, 963-968.

M. Bubicz, B. Baraniak, M. Wesołowski

THE EFFECT OF CHOSEN MEANS PLANTS PROTECTION ON CAROTENES AND XANTHOPHYLLS CONTENT IN VARIOUS SPRING BARLEY VARIETYS

Summary

A study was carried out on the effect of extensive and intensive cultivation on the content on carotenes and xanthophylls in three spring barley varieties (Bielik, Dema, Lot). Two means of plant protection was applied: herbicide Chwastox DF and growth regulator - Flordimex TH. The field experiment was carried out in the years 1993 and 1994. The results obtained indicate that the carotenoids content of the barley can be related to the barley variety, atmospheric conditions and to the plant protection applied.

Prof.dr hab. Maria Bubicz
Katedra Chemii AR
ul. Akademicka 15
20-950 Lublin

Recenzent:

Prof.dr hab. Maria Ruszkowska
IUNG Puławy

Praca wpłynęła do Redakcji we wrześniu 1996 r.