Wpływ krótkich fotoperiodów zastosowanych w różnych terminach na wywoływanie gałęzistości kłosa u pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare*, var. *lutescens*)

The Influence of Short Photoperiods Applied at Various Times on Evoking Branching of Heads in the Spring Wheat Variety „Bajka“
(*Triticum vulgare*, var. *lutescens*)

M. WISŁOCKA, T. KRZYWACKA, L. ROZEGNAŁOWA

WSTĘP

Opisując zjawiska fotoperiodyzmu Garner i Allard w 1920 r. podali w swej pracy, że zboża są roślinami długiego dnia. Skrócenie dnia tym roślinom powoduje przedłużenie okresu wegetacyjnego (Purvis, 1934 i 1937; Zabłuda, 1941; Bassarskaja, 1946; Olejnikowa, 1946; Kornilow, 1951; Fiedorow, 1954; Gott, 1955), a zwiększenie liczby godzin światła do 24 znaczne skrócenie (Hurd-Karrer, 1933). Bardzo ważnym czynnikiem jest tu także temperatura (Hurd-Karrer, 1933; Purvis, 1934; McKinney, 1935). W wysokiej temperaturze rozwój generatywny zbóż ozimych jest niemożliwy nawet przy odpowiedniej długości dnia (Hurd-Karrer, 1933). Zboża jare nie tak bezwzględnie wymagają niskich temperatur, ale ich okres wegetacyjny skraca się lub wydłuża zależnie od wysokości temperatury.

Z drugiej strony zarówno przy niskich, jak i przy wysokich temperaturach skracanie dnia powoduje u zbóż zwiększenie liczby kłosków na kłosie (Purvis, 1934; Kornilow, 1951), liczby liści, źdźbeł i zmniejszenie ciężaru ziarna (Hurd-Karrer, 1933). Poza tym indukcja fotoperiodyczna może wywoływać gałęzistość kłosa (Zabłuda, 1941; Sharmán, 1944; Bassarskaja, 1946; Olejnikowa, 1946; Gott, 1955; Wisłocka, 1955), czemu szczególnie sprzyja dobre odżywianie roślin (Miedwiediewa i Bazaluk, 1950; Cikow, 1953). Gałęzistością kłosa nazywamy zmiany morfologiczne, polegające na przekształceniu pewnej liczby normalnych kłosków na osie drugiego rzędu (rozgałęzienia) z licznymi kłoskami.

Przeważnie zmiany morfologiczne kłosa notowane były w literaturze tylko ubocznie (Gott, 1955). Jeżeli nawet były prace poświęcone specjalnie temu zagadnieniu (Zabłuda, 1941), to jednak nie ma w nich

danych, w jakim okresie rozwoju rośliny należy zastosować krótki dzień, aby wywołać z największym efektem zmiany morfologiczne kłosa. Dla dokładnego zbadania tych zależności postanowiono oznaczyć najodpowiedniejszy czas rozpoczęcia indukcji (liczbę dni po wschodach), stopień rozwoju wegetatywnego roślin (liczbę liści) oraz prześledzić rozwój stożka wzrostu — jego zmiany morfologiczne.

Poza zmianami morfologicznymi kłosa badano również wpływ zaciemniania na długość kłosa, wysokość roślin, plon i ciężar ziarna. W celu rozwiązania tego zagadnienia przeprowadzono w 1954 i 1955 r. specjalne doświadczenia na Stacji Hodowlano-Badawczej w Radzikowie.

MATERIAŁ I METODA

Jako materiału użyto pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare*, var. *lutescens*). W warunkach naturalnych nie spotykano u tej pszenicy kłosów gałęzistych. Doświadczenia przeprowadzono na poletkach o powierzchni 2,4 m², przy rozstawie 40 cm, w rzędach co 10 cm (w 1954) lub co 5 cm (w 1955). Doświadczenia założone były metodą losowanych bloków, w 1954 r. w 3 powtórzeniach, w 1955 r. — w 5 powtórzeniach. Gleba: bielelica pylasta.

Nawożenie w pierwszym roku dano następujące: na jesieni obornik 400 q na ha, na wiosnę przed siewem nawożenie mineralne: 30 kg N, 40 kg P₂O₅ i 20 kg K₂O na hektar. W 12 dni po wschodach saletrowanie 15 kg N na ha. Następnie po 25 dniach podkarmienie NPK w ilości: 15 kg N, 40 kg P₂O₅ i 20 kg K₂O na ha.

W drugim roku (1955) dano na wiosnę obornik spod inspektów z 1954 roku 200 q na ha. Przed siewem nawożenie mineralne: 20 kg N, 40 kg P₂O₅ i 40 kg K₂O na ha. Po 12 dniach po wschodach saletrowanie w ilości 15 kg N na ha, a po 25 dniach podkarmianie NPK: 15 kg N, 40 kg P₂O₅ i 40 kg K₂O na ha.

Prace pielęgnacyjne były prowadzone starannie przez cały okres wegetacji.

Efekt fotoperiodyczny uzyskiwano przez przykrywanie całych poletek budkami z dykty o wymiarach: 2 m × 1,65 m × 0,33 m. Roślinom doświadczalnym skracano długość dnia do 12 godzin (światło od 6 h 30' do 18 h 30'). Rośliny kontrolne przez cały czas pozostawały na dniu naturalnym, który stopniowo przedłużał się od 14 h 59' do 16 h 47'.

Liczono boczne pędy I-go rzędu oraz liście tylko na głównym pędzie.

Badano stożki wzrostu pod binokulem przed i po indukcji po 40 roślin z każdej kombinacji. Zdjęcia ich wykonano aparatem „Exacta” przy pomocy mikroskopu PZO (okular 10, obiektyw 4), stosując oświetlenie górne.

Po dojrzeniu pszenicy brano losowo do opisu 50 roślin (z kłosami gałęzistymi i niegałęzistymi) z każdej kombinacji i analizowano kłosy tylko z głównego źdźbła. Poza tym w celu określenia stopnia gałęzistości wybierano ze wszystkich kłosów gałęzistych z kombinacji po 25 najbardziej i po 25 najmniej rozgałęzionych kłosów.

Wyniki opracowano statystycznie, przeprowadzając analizę zmienności i oznaczając przedział ufności przy współczynniku ufności 0,95.

OPIS DOŚWIADCZEŃ

Doświadczenie I (1954)

Wysiew 23 kwietnia. Wschody nastąpiły 4 maja. Zastosowano 25 krótkich fotoperiodów zaczynając w 7, 14 i 21 dni po wschodach.

Po zakończeniu indukcji wszystkie rośliny doświadczalne różniły się od roślin kontrolnych pokrojem — płożyły się i były niższe, a poza tym liście ich miały intensywniejsze zabarwienie. Różnice te z czasem znikały. Kłoszenie roślin zaciemnianych było najbardziej opóźnione w tej serii, w której indukcję fotoperiodyczną rozpoczęto 7 dni po wschodach. Opóźnienie kłoszenia u tych roślin wynosiło 13 dni, a w dwóch pozostałych kombinacjach 8 dni.

Zmiany morfologiczne kłosa (gałęzistość) wystąpiły tylko u tych roślin, którym rozpoczęto skracanie dnia 14 i 21 dni po wschodach. W wypadku pierwszym otrzymano 37,1% roślin z gałęzistym kłosem, a w drugim 33,3%. Stopień gałęzistości kłosa był znacznie większy u roślin traktowanych krótkim dniem od 14-go dnia po wschodach niż od 21-go. Ilustruje to dokładnie tabela 1.

TABELA 1

Wpływ stosowania krótkich fotoperiodów w różnych okresach rozwoju pszenicy na stopień gałęzistości kłosa

Liczba dni od wschodów do rozpoczęcia indukcji	Liczba kwiatków na kłosie	Liczba ziarn w kłosie	Liczba rozgałęzień na kłosie	Liczba kwiatków na rozgałęzieniu	Liczba ziarn w rozgałęzieniu lub w kłosku
14	283	99	11	40	16
21	184	54	10	24	8
Rośliny kontrolne na dniu naturalnym	132	75	—	—	6

Uwaga: Cyfry podane w tabeli odnoszą się do najbardziej rozgałęzionych kłosów z kombinacji.

Z tego wstępnego doświadczenia widać, że termin rozpoczęcia indukcji jest ważnym czynnikiem przy powstaniu zmian morfologicznych kłosa. Te dane posłużyły nam do zaplanowania rozszerzonego doświadczenia w 1955 r.

Doświadczenie II (1955)

Wysiew 13 kwietnia. Wschody nastąpiły 2 maja. Zastosowano 20 krótkich fotoperiodów w 9, 12, 15, 18, 21 i 24 dni po wschodach, tj. co 3 dni następna grupa roślin poddawana była działaniu krótkiego dnia.

Po zakończeniu indukcji rośliny zaciemniane były znacznie niższe od roślin kontrolnych, płożły się i liście ich były intensywniej zabarwione. U roślin traktowanych krótkim dniem w późniejszym okresie rozwoju cechy te wystąpiły w mniejszym stopniu (ryc. 1).

Fot. B. Siemaszko

Ryc. 1. Kombinacja 6 — początek zaciemniania 24 dni po wschodach; kombinacja 7 — rośliny kontrolne na dniu naturalnym

Zdjęcie wykonano 20.VI. — 5 dni po zakończeniu indukcji fotoperiodycznej

Rośliny kontrolne wykłosiły się 62 dni po wschodach. Kłoszenie roślin indukowanych było opóźnione w stosunku do roślin kontrolnych we wszystkich seriach. Rośliny kombinacji 1 i 3 wykłosiły się o 5 dni później, kombinacji 4 — 6 dni, 2—7 dni, a 5 i 6 — 8 dni.

Zmiany morfologiczne kłosa wystąpiły w wypadku rozpoczęcia indukcji 15, 18, 21 i 24 dni po wschodach (komb. 3, 4, 5, 6). Ilościowo ujmujemy to w tabeli 2.

TABELA 2

Wpływ różnych terminów indukcji krótkim dniem na zmiany morfologiczne kłosa u pszenicy

Nr kombinacji	Liczba dni od wschodów do rozpoczęcia indukcji	Liczba roślin	Liczba roślin z rozgałęzionymi kłosami		Procent roślin z 2 i więcej gałęzistymi kłosami w stosunku do ogólnej liczby roślin z kłosem gałęzistym		
			szt.	%	2 kłosa	3 kłosa	4 kłosa i więcej
1	9	474	—	—	—	—	—
2	12	497	—	—	—	—	—
3	15	485	102	21,0	10,8	—	—
4	18	479	301	62,8	33,6	15,3	4,0
5	21	470	335	71,3	32,2	22,1	7,0
6	24	494	318	64,4	31,8	18,0	9,1
7	Rośliny kontrolne na dniu naturalnym	481	—	—	—	—	—

W kombinacji 3 (15 dni) otrzymano tylko 21% roślin ze zmienionymi kłosami. Rośliny zaciemniane 21 dni po wschodach wydały największy procent kłosów gałęzistych, mianowicie 71,3%. Liczba kłosów rozgałęzionych na roślinie też rosła. W kombinacji 3 miały one przeważnie po 1, czasem po 2 kłosa gałęziste. W kombinacji 4, 5 i 6 było już dużo roślin o 2 kłosach zmienionych morfologicznie i pewna liczba o 3, 4 i więcej takich kłosach.

Kłosa rozgałęzione wytworzyły się na dobrze rozwiniętych źdźbłach. Jeżeli na roślinie powstał tylko jeden kłos gałęzisty, to przeważnie na głównym źdźbłe. Poszczególne kłosa gałęziste nawet jednej i tej samej rośliny różniły się zarówno stopniem rozgałęzienia, jak i kształtem.

Osie boczne — rozgałęzienia rozmieszczone były symetrycznie lub niesymetrycznie po obu stronach osi głównej kłosa. Umieszczone one były w środkowej części kłosa (ryc. 2). Zawsze 2 lub 3 kłoski dolne i kłoski szczytowe wykształcone były normalnie. Zaobserwowano skrócenie członów osadki kłosowej w górnej części kłosa, przez co kłoski były bliżej siebie osadzone.

Na niektórych kłosach w miejsce kłosków wytworzyło się do 10 osi drugiego rzędu — rozgałęzień. Budowa i układ kłosków na tych osiach były różne (ryc. 3 i 4). Typy rozgałęzień najczęściej spotykane przedstawiały się następująco:

Typ I — po obu stronach rozgałęzienia wykształciły się kłoski 2-3 kwiatowe, położone względem osi pierwszego rzędu pod kątem 90° (ryc. 3a

Fot. B. Siemaszko

Ryc. 2

a — kłos normalny; b, c, d, e — kłosy rozgałęzione powstałe pod wpływem indukcji fotoperiodycznej

i ryc. 4a). Dwa dolne kłoski rozgałęzienia miały górną plewę umieszczoną względem osi drugiego rzędu prawidłowo, natomiast plewa dolna znajdująca się na linii środkowej kłoska tworzyła z osią rozgałęzienia kąt około 90° (ryc. 3b i 4a). Wymiary tej plewy były znacznie większe niż plew innych.

Typ II — większość rozgałęzień zbudowana była w ten sposób, że u nasady silnie wydłużonej osi umieszczone były 2 normalnie rozwinięte kwiatki, następnie w miejsce dalszych kwiatków wykształciły się kłoski położone względem osi pierwszego rzędu pod kątem 90° (ryc. 3c i 4b). Ilość kwiatków w tych kłoskach zredukowana była do 2, 3 lub 4. W większości wypadków pierwszy z tych kłosków (czasami drugi) miał górną plewę umieszczoną normalnie, natomiast plewa dolna znajdowała się w linii środkowej kłoska i położona była względem osi drugiego rzędu pod kątem około 90° (ryc. 3d). Kształt tej plewy bywał różny (ryc. 5). Dalsze kłoski powstałe w miejsce kwiatków miały tylko po jednej plewie, która zawsze leżała po stronie wyżej położonego kwiatka (ryc. 4b). Kłosek szczytowy rozgałęzienia zawsze był umieszczony między dwoma plewami.

Typ III — oś rozgałęzienia była tu minimalnie wydłużona. Na dole jej osadzone były 2 kwiatki, a w miejsce dalszych kwiatków wytworzyły się

Fot. B. Siemaszko

Ryc. 3. Typy rozgałęzień powstających w miejscu kłósk u pszenicy Bajka
 a — typ I — rozgałęzienie z 7 kłóskami; b — to samo z odjętą plewą dolną; c — typ II — rozgałęzienie z 2 kwiatkami i 5 kłóskami; d — to samo po odjęciu dolnego kwiatka, widoczna duża plewa dolna; e — typ III — rozgałęzienie z 2 kwiatkami i 3 kłóskami, oś bardzo krótka; f — typ normalnego kłóska

Ryc. 4. Schemat budowy rozgałęzień kłosów pszenicy Bajka

a — typ I (ryc. 3a); b — typ II (ryc. 3c); c — typ III (ryc. 3e); d — typ kłosa normalnego

kłoski. Kłoski te położone były względem osi pierwszego rzędu pod kątem około 45° do 90° (ryc. 3e i 4c). Kłoski wytworzone w miejsce 3 i 4 kwiata miały tylko po jednej plewie, która leżała względem osi drugiego rzędu

Fot. B. Siemaszko

Ryc. 5. Różne kształty plewy dolnej na rozgałęzieniach typu II i III pod kątem około 90° . U kłosa szczytowego rozgałęzienia brak było plew (ryc. 4c).

Z tych trzech typów rozgałęzień typ I był najbardziej zbliżony w budowie do *Triticum turgidum*.

Przeprowadzone pomiary kłosów rozgałęzionych wykazały, że zawierały one znacznie więcej kwiatków i ziarn niż kłosy nierozgałęzione (tab. 3).

TABELA 3

Wpływ krótkich fotoperiodów zastosowanych w różnych okresach rozwoju na stopień gałęzistości kłosa pszenicy

Nr kombinacji	Liczba dni od wschodów do rozpoczęcia indukcji	Średnia liczba kwiatków i ziarn w kłosie			
		z 10 najmniej rozgałęzionych kłosów		z 10 najbardziej rozgałęzionych kłosów	
		kwiatki	ziarno	kwiatki	ziarno
1	9	—	—	109,8	47,6
2	12	—	—	106,6	46,7
3	15	101,5	35,3	133,5	59,7
4	18	90,6	35,2	140,6	62,3
5	21	88,1	32,8	142,3	62,2
6	24	86,1	30,8	139,1	56,5
7	Rośliny kontrolne na dniu naturalnym	82,1	34,7	103,7	44,8

Widzimy, że stopień gałęzistości poszczególnych kłosów jest różny, na co wskazuje duża rozpiętość między minimalną i maksymalną ilością kwiatków i ziarn. Największe wahania były w kombinacji 4, 5 i 6. Kłosy rozgałęzione wytworzyły szczególnie dużo kwiatków płonych.

Pod wpływem krótkich fotoperiodów wystąpiły pewne różnice, zależnie od okresu stosowania indukcji (tab. 4).

TABELA 4

Wpływ krótkich fotoperiodów zastosowanych w różnych terminach na rozwój i plon pszenicy

Nr kombinacji	Liczba dni od wschodów do rozpoczęcia indukcji	Ś r e d n i a					
		Liczba źdźbeł na roślinie	Wysokość roślin	Długość kłosa w cm	Liczba piętér na kłosie	Plon z rośliny g	Ciężar 1000 ziarn g
1	9	11,9	111,7	11,2	22,9	6,0	28,4
2	12	10,0	114,1	11,0	23,2	5,6	28,6
3	15	10,8	111,4	11,1	24,2	5,4	26,3
4	18	11,9	113,0	11,2	23,6	5,4	26,5
5	21	11,4	115,5	11,2	23,2	5,1	25,5
6	24	9,4	114,6	10,9	22,3	4,9	26,0
7	Rośliny kontrolne na dniu naturalnym	11,5	108,8	12,0	19,6	6,1	29,3
	Przedział ufności (współ. uf. 0,95)	1,3	—	0,9	0,8	—	109,

Przeprowadzona analiza wykazała, że zmienność między kombinacjami jest istotna w wypadku liczby źdźbeł na roślinie, pięter na kłosku, długości kłosa i ciężaru 1000 ziarn. Tylko dla tych zmiennych obliczono przedział ufności i wyciągano wnioski o istotności różnic kombinacji doświadczalnych z kontrolną. Stosunek przeciętnej zmienności kombinacji do przeciętnej zmienności nieściśłości $\frac{S_2}{S_3}$ wynosi dla liczby źdźbeł na roślinie 4,52, dla liczby pięter na kłosku 26,15, dla długości kłosa 12,09, dla ciężaru 1000 ziarn 15,60, a odpowiedni wskaźnik $e^{2\%}$ Fishera — 2,51.

We wszystkich kombinacjach na kłosach roślin doświadczalnych powstało znacznie więcej pięter (kłosek). Są to różnice istotne. Największą liczbę kłosek miały rośliny kombinacji 3. Rośliny indukowane wytwarzając znacznie więcej pięter (kłosek) nie wykształcają w pełni kłosek szczytowych. Liczba kwiatków w tych kłoskach zredukowana była do 2 lub 3.

Krótki dzień wpływa na skrócenie kłosa (różnice istotne albo prawie istotne) — najsilniej w kombinacji 6. Dzień 12-godzinny powodując z jednej strony skrócenie kłosa, a z drugiej zwiększenie liczby kłosek sprzyja zbitości kłosa.

Ciężar 1000 ziarn zależy od czasu stosowania indukcji. W dwu pierwszych kombinacjach statystycznie udowodnionych różnic z kontrolnymi nie było, w następnych seriach zaznacza się wyraźnie obniżka ciężaru 1000 ziarn. Na kłosach roślin indukowanych w późniejszych terminach znajduje się duża ilość plew i plewek, świadczących o bezpłodnych kwiatkach, a wytworzone ziarna są małe i pomarszczone.

W kombinacji 2 i 6 jest zredukowana liczba źdźbeł na roślinie. Prawdopodobnie zmniejszenie liczby źdźbeł w kombinacji 6 było spowodowane późnym braniem materiału do badań stożków wzrostu, przez co w okresie krzewienia było większe zagęszczenie roślin na poletku.

BADANIA STOŻKÓW WZROSTU

Badania stożków wzrostu przeprowadzono w celu określenia fazy rozwoju rośliny najodpowiedniejszej dla rozpoczęcia indukcji fotoperiodycznej, która wywołałaby zmiany morfologiczne w kłosach. W tym celu wybierano losowo 40 roślin (po 8 roślin z poletka) z każdej kombinacji. Stożki wzrostu brano do badań w dniu rozpoczęcia indukcji oraz w chwili jej zakończenia. Jednocześnie badano stożki wzrostu u 40 roślin kontrolnych, co pozwoliło prześledzić kształtowanie się normalnego kłosa pszenicy od chwili wydłużania się stożka wzrostu aż do całkowitego uformowania się kłosa. Wyniki badań przedstawione są na ryc. 6 i tab. 5.

TABELA 5

Rozwój kłosa pszenicy jarej Bajka w warunkach dnia naturalnego

Data pobrania próbki	Liczba dni od wschodów	Ś r e d n i a						
		Liczba liści od 0,5 cm. dług.	Całkowita liczba liści wykształconych	Liczba wałeczków liść. i generat.	Suma liści i wałeczków	Liczba wałeczków generatywnych (kłosków)	Długość stożka wzrostu mm	Liczba pędów bocznych
11. V	9	2,4	5,4	2,1	7,5	—	0,25	—
14. V	12	2,9	6,5	2,2	8,7	0,2	0,28	—
17. V	15	3,3	7,3	4,1	11,4	2,9	0,37	0,9
20. V	18	3,9	8,0	5,2	13,2	4,7	0,49	1,3
23. V	21	4,0	8,2	6,5*	14,7	6,2	0,59	2,0
26. V	24	4,5	8,4	7,8	16,2	7,7	0,68	2,0
31. V	29	5,1	8,4	12,2**	20,6	12,1	0,96	2,3
3. VI	32	5,5	8,4	15,2	23,6	15,1	1,26	2,9
6. VI	35	6,1	8,4	16,6***	25,0	16,5	1,65	3,2
9. VI	38	6,8	8,6	18,9	27,5	19,0	2,29	3,3
12. VI	41	6,8	8,3	19,6	27,9	19,4	3,34	3,5
15. VI	44	7,4	8,5	20,0	28,5	20,0	5,17	3,8
22. VI	51	8,9	8,9	19,6	28,5	20,0	21,42	4,7

* Różnicowanie się stożka wzrostu (podwójne wałeczki).

** Początek formowania się kłosków.

*** Początek różnicowania się elementów kłosa.

A. Morfogeneza kłosa roślin kontrolnych (dzień długi)

Pomiary stożków wzrostu wykazały, że silne wydłużanie się ich rozpoczyna się równocześnie z początkiem powstania wałeczków generatywnych. Widoczne z tabeli zahamowanie wzrostu od 20 do 26 maja należy przypisać wyjątkowemu ochłodzeniu w tym okresie (tab. 6). Po uformowaniu się podwójnych wałeczków tempo wzrostu stożka znacznie wzrasta.

TABELA 6

Średnia temperatura powietrza na Stacji Hodowlano-Badawczej Radzików (1955)

Miesiąc	Dekada			Średnia miesiąca
	I	II	III	
Kwiecień	3,4	3,3	7,7	4,8
Maj	13,6	11,6	9,6	11,2
Czerwiec	15,8	13,1	18,6	15,8
Lipiec	17,9	20,9	19,7	18,9

Fot. T. Krzywacka

Ryc. 6. Kształtowanie się kłosa pszenicy jarej „Bajka” na dniu naturalnym

a — 9 dni po wschodach, $\times 40$; b — 12 dni po wschodach — formowanie się walczków liściowych, $\times 40$; c — 15 dni po wschodach — wydłużanie się wierzchołka stożka wzrostu, $\times 40$; d — 21 dni po wschodach — różnicowanie się stożka wzrostu na podwójne walczki, $\times 40$; e — 24 dni po wschodach — wyróżnicowanie się podwójnych walczków, $\times 40$; f — 32 dni po wschodach — formowanie się kłosków, $\times 40$; g — 35 dni po wschodach — początek różnicowania się plewy, $\times 40$; h — 41 dni po wschodach — wykształcanie się plew i kwiatków, $\times 20$; i — to samo widziane z boku, $\times 40$; j — 36 dni po wschodach — początek różnicowania się kwiatków, $\times 40$; k — 44 dni po wschodach — wykształcony kłos, wydłużanie się członów osadki kłosowej, $\times 40$; l — to samo widziane z boku, $\times 40$.

Fot. T. Krzywacka

Ryc. 7. Różnice w formowaniu się elementów kłoska u roślin doświadczalnych i kontrolnych w tych samych stadiach rozwoju

a, c — kłoski z roślin doświadczalnych; *b, d* — kłoski z roślin kontrolnych

Małe 9-dniowe roślinki mają 5 listków. Stożek wzrostu jest mały i wykształcone są na nim tylko 2 wałeczki liściowe (ryc. 6a). Wszystkie liście są już wykształcone w momencie powstawania podwójnych wałeczków — 21 dni po wschodach (zgodnie z badaniami G o t t a 1955).

Po 12 dniach zaczynają powstawać wałeczki „generatywne“, z których w przyszłości rozwiną się kłoski. Wałeczki te są na razie pojedyncze i nie różnią się od wałeczków liściowych. Na 15-dniowych stożkach wzrostu jest już średnio 2,9 takich wałeczków „generatywnych“ (od średniej liczby liści i wałeczków 11,4 odejmujemy ostateczną średnią liczbę liści 8,5) (tabl. 5 i ryc. 6b). W 21 dni po wschodach zaczynają różnicować się podwójne wałeczki. Po zróżnicowaniu się dalsze ich fazy (formowanie się kłosków i elementów kłosa) następują po sobie szybko. 44-dniowe rośliny mają już wykształcony kłos i następuje tylko wydłużanie członów osadki kłosowej.

B. Morfogeneza kłosa roślin indukowanych (dzień krótki)

Porównując dane z tabeli 5 i 7 widzimy, że tempo wzrostu i rozwoju stożka roślin zaciemnianych było powolniejsze w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Największe osłabienie tempa wzrostu stwierdzono w kombinacjach najpóźniej zaciemnianych (5 i 6). Prawdopodobnie zostało to spowodowane tym, że zaciemnianie tych kombinacji wypadło w okresie intensywnego wzrostu kłosa.

Rozwój stożków wzrostu roślin indukowanych ilustruje tabela 7.

Pomiary stożków wzrostu roślin wszystkich kombinacji przeprowadzone w 7 dni po zakończeniu indukcji kombinacji 6 (ostatniej) wykazały, że różnice we wzroście pomiędzy roślinami doświadczalnymi a kontrolnymi jeszcze bardziej się pogłębiły (tab. 8). Kłos roślin kontrolnych był już wykształcony i znajdował się w fazie szybkiego wzrostu. Poza tym rośliny indukowane wytworzyły większą liczbę liści na głównym pędzie. W okresie różnicowania się podwójnych wałeczków liczba liści u tych roślin nie była jeszcze zdeterminowana w przeciwieństwie do roślin kontrolnych (tab. 7). Liście tworzyły się nadal w następnych fazach rozwoju z dolnych wałeczków, z których na dniu naturalnym wykształciłyby się kłoski. Możemy stąd wyciągnąć wniosek, że dolne wałeczki stożka wzrostu są plastyczne, niezdeterminowane i w zależności od warunków mogą z nich powstać liście lub kłoski. Dla określenia ostatecznej liczby liści na pędzie liczono je w 51 dni po wschodach, kiedy wszystkie wałeczki były zróżnicowane na liście albo na kłoski (tab. 8).

T A B E

Wpływ krótkich fotoperiodów zastosowanych w różnych okre-

Nr kombinacji	Liczba dni od wschodów do rozpoczęcia indukcji	Data rozpoczęcia indukcji oraz pobrania próbki	S r e d n i a					
			Liczba liści od 0,5 cm długości	Całkowita liczba liści wykształconych	Liczba wałeczków liściowych i generat.	Suma liści i wałeczków	Długość stożka wzrostu mm	Liczba pędów bocznych
1	9	11.V.	2,4	5,4	2,1	7,5	0,25	—
2	12	14.V.	2,9	6,5	2,2	8,7	0,28	—
3	15	17.V.	3,3	7,3	4,1	11,4	0,37	0,9
4	18	20.V.	3,9	8,0	5,2	13,2	0,49	1,3
5	21	23.V.	4,0	8,2	6,5 *	14,7	0,59	2,0
6	24	26.V.	4,5	8,4	7,8	16,2	0,68	2,0

* Różnicowanie się stożka wzrostu (podwójne wałeczki).

** Formowanie się kłosów.

*** Początek różnicowania się elementów kłosa.

12-godzinny dzień stosowany w różnych terminach nie tylko opóźnił okres rozpoczęcia różnicowania się stożka wzrostu (podwójne wałeczki), ale przedłużył sam okres kształtowania się kłosa (tab. 7). Różnicowanie się podwójnych wałeczków było opóźnione w porównaniu do roślin kontrolnych o 8 dni. Następne fazy rozwoju kłosa były opóźnione w mniejszym stopniu: formowanie się kłosków — 6 dni, różnicowanie się elementów kłoska — 3 dni. Ponieważ rośliny kombinacji 5 i 6 wykłosiły się najpóźniej, a kształtowanie się kłosa opóźnione było niewiele, to należy przypuszczać, że krótki dzień wpłynął hamująco na sam wzrost kłosa.

Przy opisie morfologii stożków wzrostu 51 dni po wschodach stwierdzono znacznie większą liczbę kłosków na kłosie u roślin indukowanych (tab. 8).

Poza tym zaobserwowano różnice w formowaniu się elementów kłoska u roślin kombinacji 3, 4, 5 i 6. Na ryc. 7 widzimy, że w miejsce różnicujących się kwiatków na kłosie normalnym formują się w kłosach indukowanych nowe elementy.

To wskazywało nam, że w tych kombinacjach należy spodziewać się zmian morfologicznych kłosa. I rzeczywiście w tych seriach wystąpiły gałęziste kłosy.

Z analizy stożków wzrostu wszystkich kombinacji doświadczenia II wynika, że zmiany morfologiczne kłosa powstają tylko wtedy, gdy krótki dzień zastosowany jest w okresie formowania się kłosków i różnicowania się elementów kwiatków.

Dla pszenicy Bajka odpowiada to 20-dniowej indukcji dniem 12-godzinnym, rozpoczynanej 15 do 24 dni po wschodach.

L A 7

sach rozwoju na kształtowanie się kłosa pszenicy jarej Bajka

Data zakończenia indukcji oraz pobrania próbki	Ś r e d n i a						
	Liczba liści od 0,5 cm długości	Całkowita liczba liści wykształ- conych	Liczba wa- leczków liściowych i generat.	Suma liści i walecz- ków	Długość stożka wzrostu mm	Długość sto- żka wzrostu w stos. do kontr. %	Liczba pędów bocznych
31.V.	5,2	9,6	8,2*	17,8	0,60	62,5	2,7
3.VI.	5,7	9,5	9,5	19,0	0,72	57,1	3,0
6.VI.	6,4	9,6	15,9**	25,5	1,31	79,2	3,4
9.VI.	6,6	9,0	17,1***	26,1	1,70	74,2	3,7
12.VI.	7,0	9,1	19,2	28,3	1,89	56,6	3,9
15.VI.	7,1	8,7	20,0	28,7	2,51	48,5	3,9

TABELA 8

Stopień rozwoju kłosa 51 dni po wschodach (22.VI.)

Nr kom- bina- cji	Data zakoń- czenia indukcji	Ś r e d n i a						
		Liczba liści od 0,5 cm długości	Całkowi- ta liści wy- kształco- nych	Liczba kłosków	Suma liści i kłosków	Długość stożka wzrostu mm	Długość stożka wzrostu w stos. do %	Liczba pędów bocznych
1	31. V.	9,6	10,8	23,2	34,0	6,53	30,5	4,4
2	3.VI.	9,4	10,8	23,8	34,6	5,38	25,1	4,4
3	6.VI.	8,8	10,3	24,2	34,6	6,12	28,6	4,6
4	9.VI.	8,5	10,0	22,5	32,5	6,04	28,2	4,6
5	12.VI.	8,8	10,1	22,6	32,7	5,29	24,7	5,2
6	15.VI.	8,7	10,2	20,5	30,7	5,60	26,1	5,1
7	Rośliny kontrolne na dniu natural- nym	8,9	8,9	19,6	28,5	21,42	100,0	4,7

DYSKUSJA

Rozwój roślin w 1955 roku był opóźniony w porównaniu do roku 1954 z powodu zimnej wiosny. Dlatego też okres rozwoju roślin najbardziej odpowiedni dla powstawania gałęzistości kłosa pod wpływem krótkiego dnia był w obu latach różny (14 dni po wschodach w 1954 r., 21 dni w 1955 r.).

F i e d o r o w (1954) otrzymał gałęziste kłosy u żyta w 22⁰%, rozpoczynając indukcję w czasie formowania się wypukłości kłoskowych.

Dwuletnie nasze doświadczenia wykazały wyraźnie, że krótki dzień może wywoływać gałęzistość kłosa tylko wtedy, gdy jest zastosowany w okresie różnicowania się kłosków i ich elementów. Ponieważ F i e d o r o w (1954) nie stosował indukcji we wcześniejszych terminach, nie wiemy, czy okres ten był najodpowiedniejszy. Niezgodność można tłumaczyć tym, że F i e d o r o w (1954) stosował znacznie krótszy dzień (8-godzinny), przez co rozwój roślin mógł być silniej zahamowany i zmieniony.

Z a b ł u d a (1941) w doświadczeniach swych z pszenicą stwierdziła, że gałęzistość może być wywołana tylko wtedy, gdy stosowano krótki dzień w okresie od wschodów do momentu formowania się kwiatów. Poza tym zauważyła ona, że kłosy gałęziste nie powstają, jeśli w okresie formowania się liści otrzymują rośliny długi dzień, a następnie w okresie formowania się kłosków krótki dzień. Na podstawie tych wyników Z a b ł u d a (1941) wyciągnęła wniosek, że formowanie się dodatkowych rozgałęzień na kłosku jest predeterminowane przez warunki fotoperiodycznie od chwili kiełkowania roślin.

Z opisanych tu doświadczeń wynika, że w okresie formowania się liści (faza wegetatywna — B o n n e t, 1936) rośliny mogą się znajdować na dniu naturalnym — długim i nie przeszkadza to im w późniejszej indukcji.

Znane jest (K o r n i ł o w 1951 i inni), że poza wywoływaniem gałęzistości kłosa krótkie fotoperiody zwiększają ilość kłosków na kłosie. Najwięcej kłosków, jak widzimy z tabeli 4, powstaje w tym wypadku, gdy indukcja ma miejsce w okresie formowania się podwójnych wałeczków (komb. 3).

Jeżeli chodzi o długość kłosa, to dane w literaturze są rozbieżne. Jedni stwierdzają, że w warunkach krótkiego dnia rośliny wytwarzają raczej kłosy skrócone (G o t t, 1955), inni natomiast, że wykształcają kłosy dłuższe niż na dniu długim (K o r n i ł o w, 1951). Nasze dane przedstawione w tabeli 4 przemawiają raczej za skracaniem się kłosa. Jednocześnie z doświadczeń naszych wyraźnie wynika, że zboża — rośliny długiego dnia — przebywając na nieodpowiednim fotoperiodzie wytwarzają kłosy zbite.

H u r d - K a r r e r (1933) trzymając pszenice ozime i jare przez cały okres wegetacyjny na dniu krótkim stwierdziła, że rośliny produkują ziarno małe, pomarszczone. My otrzymaliśmy takie ziarno tylko wtedy, gdy indukcję fotoperiodyczną zastosowaliśmy w okresie formowania się kłosa.

Z przedstawionych przez nas doświadczeń widzimy, że indukcja fotoperiodyczna wywołuje zmiany morfologiczne kłosa tylko wtedy, gdy jest

zastosowana w odpowiednim okresie rozwoju rośliny. Najodpowiedniejszym okresem, w którym należy rozpocząć indukcję, jest początek formowania się podwójnych wałeczków; jest to wg B o n n e t t (1936) początek fazy generatywnej. Indukcja powinna trwać do zróżnicowania się pierwszych elementów kłosa. Działanie krótkim dniem dla pszenicy jarej Bajka powinno się rozpocząć w 15-24 dni po wschodach (zależnie od temperatury) i trwać powinno przez okres 20 dni. Rośliny w tym czasie mają około 4 dobrze rozwiniętych liści, ale liczba ich, jak badania wykazały, nie jest dokładnym wskaźnikiem rozwoju kłosa. Rośliny mając mniej liści mogą być bardziej zaawansowane w rozwoju od roślin z większą liczbą liści. Nasze obserwacje potwierdziły badania A n d e r s e n a (1952), że nie ma między liczbą liści a rozwojem kłosa bardzo ścisłej zależności.

STRESZCZENIE

1. W czasie wzrostu pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare*, var. *lutescens*) zastosowano skracanie dnia do 12 godzin w różnych terminach; w 1954 roku rozpoczynano 25-dniową indukcję 7, 14 i 21 dni po wschodach, a w 1955 roku 20 dni krótkich stosowano 9, 12, 15, 18, 21 i 24 dni po wschodach. Prócz opisu morfologii kłosów dojrzałych prześledzono rozwój stożków wzrostu, kształtowanie się kłosa na dniu naturalnym (długim) i na dniu krótkim zastosowanym w różnych terminach.

2. Pojawienie się kłosów gałęzistych i stopień ich gałęzistości zależy w wysokim stopniu od terminu indukcji.

Rośliny z gałęzistymi kłosami otrzymano w roku 1954 przy rozpoczęciu indukcji 14 i 21 dni po wschodach (37,1%, 33,3%), a w roku 1955 przy 15, 18, 21 i 24 dniach (21,0%, 62,8%, 71,3%, 64,4%).

3. Badania stożków wzrostu wykazały, że indukcja fotoperiodyczna wywołuje gałęzistość kłosa, gdy jest zastosowana w okresie formowania się kłosów i różnicowania się pierwszych elementów kwiatków.

Dla pszenicy Bajka odpowiada to 20-dniowej indukcji dniem 12-godzinnym, rozpoczynanej 15-24 dni po wschodach (zależnie od temperatury)

4. Krótki dzień wpływa na zwiększenie liczby pięter (kłosków) na kłosie. Najwięcej pięter powstaje, gdy indukcja ma miejsce w okresie formowania podwójnych wałeczków.

5. Skracanie dnia niezależnie od terminu, w którym zostało zastosowane, hamuje wzrost i opóźnia rozwój kłosa.

6. Indukcja krótkim dniem w okresie formowania się kłosa wpływa na zmniejszenie ciężaru 1000 ziarn.

7. Na dniu naturalnym wszystkie liście są wykształcone przed rozpoczęciem różnicowania się kłosa. Skracanie dnia przedłuża okres różnicowa-

nia się liści na stożku wzrostu, w rezultacie powstaje ich więcej niż na dniu długim.

Serdecznie dziękujemy pani dr Teresie Ryłskiej za cenne wskazówki przy opracowywaniu niniejszej pracy oraz koleżance A. Oleksiej za pomoc techniczną.

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Laboratorium Fizjologii Rozwoju Roślin,

Warszawa

(Wpłynęło dn. 16.5.1956 r.)

SUMMARY

1. Shorting the day to 12 hours was applied at various periods during the growth of the spring wheat variety „Bajka“ (*Triticum vulgare*, var. *lutescens*); in 1954 a 25 day induction was begun 7, 14 and 21 days after the appearance of seedlings, while in 1955 20 short days were applied 9, 12, 15, 18, 21 and 24 days after seedlings appeared. Apart from a description of the morphology of mature heads, observations were conducted on the development of the growing point, formation of heads on a natural day (long), and on a short day applied at various periods.

2. The appearance of branched heads and the degree of their branching depends considerably upon the period of induction. Plants with branching heads were obtained in 1954 by commencing induction 14 and 21 days after seedlings appeared (37,1%, 33,3% resp.), and in 1955 by commencing 15, 18, 21 and 24 days after the appearance of seedlings (21.0%, 62.8%, 71,3%, 64.4% resp.).

3. Investigations conducted on the growing point showed that photo-periodic induction evokes branching of heads if applied during the period of spikelet formation and differentiation of flower elements.

In the case of the spring wheat variety „Bajka“ this corresponds to 20 day induction with a 12 hour day begun 15—21 days after seedlings appear (depending upon the temperature).

4. A short day increases the number of stories (spikelets) per head. The greatest number of stories forms when induction takes place during the period of double ridge formation.

5. Shortening the day, irrespective of the period of application, inhibits growth and retards development of heads.

6. Short day induction during the period of head formation decreases the weight of 1000 seeds.

7. Natural day lengths show leaf formation before differentiation of the head. Shortening of the day prolongs the period of leaf formation, due to which more leaves develop than in the case of a long day.

LITERATURA

1. A n d e r s e n S., 1952, Methods for determining stages of development in barley and oats, *Physiol. Pl.* 5, (2) : 199.
2. B a s s a r s k a j a M. A., 1946, Dinamika formiowania toczki rosta stieblia pszenicy w swiasi s prochożeniem stadij razwitia, *Dokł. Wsesojuz. Sow. Fizjoł. Rast.* 4, (1) : 14.
3. B o n n e t t O. T., 1936, The development of the wheat spike, *Jour. Agric. Res.* 53, (6) : 445.
4. C i k o w D. K., 1953, Onaslediwane razkłonenostta na kłosa w pârwoło pokolenie na chibridi ot kłonestas meka i twârda przenica, *Izw. Inst. Rast. Sofia* (1) : 133.
5. F i e d o r o w A. K., 1954, O wietlenii kołosa u ozimój rzi, *Trudy Inst. Gienietiki*, 21 : 144.
6. G o t t M. B., G r e g o r y F. G. i P u r w i s O. N., 1955, Studies in vernalisation of cereals. XIII. Photoperiodic control of stages in flowering between initiation and ear formation in vernalised and unvernalsed Petkus winter rye, *Ann. of Bot.* 19, (73) : 87.
7. H u r d - K a r r e r A. M., 1933, Comparative responses of a spring and a winter wheat to day lenght and temperature, *Jour. Agric. Res.* 46 (10) : 867.
8. K o r n i ł o w A. A., 1951, Swietowaja stadia razwitia i fotoperiodism, *Usp. Sowr. Bioł.* 32.
9. M c K i n n e y H. H., 1935, Earliness of sexual reproduction in wheat as influenced by temperature and light in relation to growth phases, *Jour. Agric. Res.* 51 (7) : 621.
10. M i e d w i e d i e w a G. B. i B a z a ł u k W. J., 1950, Niekatoryje zakonomiarnosti w raszczepelenii gibridow wietwistoj pszenicy s miagkimi ozimymi, *Trudy Inst. Gienietiki*, 18 : 132.
11. O l e j n i k o w a F. W., 1946, Formiowanie gienieratiwnych organow w swiazi so stadijnym razwitiem rastienij, *Dokł. Wsesojuz. Sow. Fizjoł. Rast.* 4 (1) : 21.
12. P u r v i s O. N., 1934, An analysis of the influence of temperature during germination on the subsequent development of certain winter cereals and its relation to the effect of lenght of day, *Ann. of Bot.* 48 : 919.
13. P u r v i s O. N. i G r e g o r y F. G., 1937, Studies in vernalization of cereals. I. Acomparative study of vernalisation of winter rye by low temperature and by short days, *Ann. of Bot.* 1 (4) : 569.
14. S h a r m a n B. C., 1944, Brached heads in wheat and wheat hybrids. *Nature.* 153 (3886) : 497.
15. W i s ł o c k a M., 1955, Wpływ krótkich fotoperiodów na wywoływanie gałęzistości kłosa u pszenicy jarej Bajka (*Triticum vulgare* var. *lutescens*). *Acta Agrobot.* 3 : 3.
16. Z a b ł u d a G. W., 1941, Branching of wheat earts in response to short photo-periods. *C. R. (Dokłady) Acad. Sci. URSS.* 30 (6) : 535.