

Instytut Przyrodniczych Podstaw Produkcji Roślinnej AR w Lublinie
Zakład Fizjologii Roślin

Irena RUKASZ

**Wpływ regulatorów wzrostu na kiełkowanie i oddychanie ziarniaków
jęczmienia (*Hordeum vulgare* L.)**

Влияние регуляторов роста на прорастание и дыхание зерновок ячменя
(*Hordeum vulgare* L.)

Influence of Growth Regulators on Germination and Breathing of Barley Caryopsis
(*Hordeum vulgare* L.)

Liczne badania wskazują na to, iż miarą żywotności nasion jest zarówno aktywność procesu kiełkowania, jak i natężenie oddychania kiełkujących nasion (1—3, 13, 18, 35, 37, 39). Oba te procesy są uzależnione od działania regulatorów wzrostu i wpływają na wzrost i rozwój, a w dalszej konsekwencji na plonowanie roślin (8, 23, 38). Wydaje się zatem, że określenie wpływu regulatorów wzrostu, stosowanych egzogenicznie, na rośliny może mieć nie tylko znaczenie poznawcze, ale także i praktyczne.

Wśród regulatorów wzrostu i rozwoju roślin znanymi stymulatorami są: kwas 3-indoliloctowy (IAA), kwas giberelinowy (GA_3) i kinetyna. Działanie tych substancji na rośliny jest w dużym stopniu uzależnione od warunków świetlnych. Pod wpływem IAA i GA_3 oraz światła obserwowano wzrost aktywności RN-azy i wolnych nukleotydów w pędach jęczmienia (17). Wykazano również, że fitochrom wpływał na absorpcję stosowanego egzogenicznie IAA przez siewki ryżu (33). Transport auksyn jest także uzależniony od światła (19, 36). Knut i Klein (10) stwierdzili, zarówno w ciemności, jak i na świetle czerwonym, stymulację wzrostu zarodków jęczmienia wywołaną przez GA_3 . Podobnie Jakuszkin i Durandin (7) obserwowali przyspieszenie wzrostu kielków jęczmienia pod wpływem światła czerwonego i niebieskiego w obecności gibbereliny. Prowadzono też badania nad wpływem kinetyny na kiełkowanie fotoblastycznych nasion sałaty, stwierdzając, że kinetyna współdziała ze światłem w stymulacji kiełkowania tych nasion (6, 12, 15, 30). W dotych-

czasowych badaniach nie zajmowano się jednak działaniem kinetyny i światła na rośliny zbożowe. Mało jest również prac dotyczących wpływu substancji wzrostowych i światła na kiełkowanie zbóż. W związku z tym podjęto badania nad wpływem IAA, GA₃ i kinetyny na kiełkowanie ziarniaków jęczmienia uwzględniając czynnik świetlny. Ponadto starano się określić, w jaki sposób wymienione stymulatory wzrostu wpływają na natężenie oddychania kiełkujących ziarniaków jęczmienia.

MATERIAŁ I METODY

Ziarniaki jęczmienia jarego odmian Piast i Bomi ze zbioru z r. 1973 oraz ziarniaki jęczmienia ozimego odmian Kujawiak i Xenia ze zbioru z r. 1974 zostały przebadane w latach 1975—1976.

Zastosowano następujące regulatory wzrostu: kwas 3-indoliloctowy (IAA) firmy Loba Chemie, Wien-Fischamed, Austranal Präparate, kwas giberelinowy (GA₃-, „Gibrescol”) produkcji Kutnowskich Zakładów Farmaceutycznych „Polfa” w Kutnie oraz 6-furfuryloaminopurynę (kinetynę) z Chemicznej Spółdzielni Pracy „Permedia” w Lublinie.

Kiełkowanie. Ziarniaki jęczmienia kiełkowano w płytkach Petriego o średnicy 15 cm, wyłożonych 2 warstwami bibuły Whatman nr 1, zwilżonej 10 cm³ odpowiedniego roztworu wodnego poszczególnych regulatorów wzrostu o następujących stężeniach: 0 (kontrola wodna), 0,5, 5, 25, 50 i 100 mg · l⁻¹. Płyn w płytkach Petriego uzupełniano dodając do każdej z nich po 5 cm³ wody destylowanej po 48, 72 i 96 godzinach kiełkowania. Każda kombinacja doświadczalna obejmowała 6 płytek, w których umieszczano po 50 sztuk ziarniaków. Doświadczenie powtarzane było 3-krotnie.

Kiełkowanie odbywało się w temp. 25°C w całkowitej ciemności w termostacie i równolegle na świetle białym ciągłym z lamp jarzeniowych LF 40 Cool White o natężeniu światła 5000 lx na poziomie kiełkujących ziarniaków. Doświadczenia bez udziału światła przeprowadzono w pomieszczeniu dostosowanym do badań w całkowitej ciemności. Wszelkie niezbędne czynności wykonywano wtedy w silnie przyćmionym świetle zielonym, nie mającym wpływu na kiełkowanie. Za kryterium zdolności kiełkowania przyjęto procent prawidłowo wykiełkowanych ziarniaków jęczmienia po 120 godz. Otrzymane wyniki, które są średnimi z 3 doświadczeń, zestawiono w tab. 1.

Oddychanie. Pomiary dotyczące wpływu IAA, GA₃ i kinetyny w stężeniu 50 mg · l⁻¹ na oddychanie kiełkujących ziarniaków jęczmienia wykonano w aparacie Beckmana model 865 IRGA (Infrared-gas-analyser), w układzie otwartym, w systemie dyferencjalnym. Kontrolę stanowiły ziarniaki kiełkujące w obecności wody destylowanej. Bezpośrednio przed pomiarami, wykiełkowane w temp. 25°C w ciemności, ziarniaki przemywano dokładnie wodą destylowaną. W wilgotnej kamerze z pleksiglasu umieszczano 50 szt. ziarniaków, szczelnie ją zamykano i podłączano do układu aparatu. Pomiary wykonywano po 24, 48 i 72 godz. kiełkowania w ciemności w 4 powtórzeniach. Temperatura na poziomie 25°C utrzymywana była przy użyciu łaźni wodnej.

Natężenie oddychania wyrażono w miligramach CO₂ wydzielonego w ciągu 1 godz. w przeliczeniu na 1 g suchej masy (mg CO₂ · h⁻¹ · g⁻¹ s.m., tab. 2).

Dane liczbowe, dotyczące zarówno kiełkowania, jak i oddychania ziarniaków,

opracowano statystycznie stosując metodę analizy wariancji dla klasyfikacji krzyżowej. Oceny istotności różnic pomiędzy porównywanymi średnimi dokonano przy pomocy wielokrotnych przedziałów ufności Tukeya (25).

WYNIKI BADAŃ

Kiełkowanie. Otrzymane wyniki wskazują, że zarówno warunki świetlne, jak i regulatory wzrostu wpływały istotnie na zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia (tab. 1). Roztwór IAA zastosowany w ciemności w stężeniach: 5, 25, 50 i $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ hamował proces kiełkowania ziarniaków jęczmienia jarego odmian Piast i Bomi oraz jęczmienia ozimego odmiany Kujawiak. Działanie korzystne na kiełkowanie ziarniaków obydwu odmian jęczmienia jarego w tych warunkach stwierdzono jedynie przy zastosowaniu IAA w stężeniu $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (tab. 1). Dodatnią reakcję stwierdzono również w kiełkowaniu ziarniaków odmian Bomi i Kujawiak w wyniku działania IAA w stężeniach: 0,5, 5 i $25 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ oraz światła (tab. 1). Dane te wskazują na możliwość znoszenia przez światło hamującego wpływu niższych stężeń IAA na kiełkowanie ziarniaków jęczmienia. Natomiast wyższe stężenia IAA, a zwłaszcza $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, hamowały kiełkowanie ziarniaków odmian Piast, Bomi i Kujawiak, zarówno w warunkach ciemności, jak i światła. Zależność ta jedynie nie ujawniła się u odmiany Xenia. Mianowicie u ziarniaków tej odmiany pod działaniem IAA obserwowano zwiększenie zdolności kiełkowania w ciemności, a w nieco mniejszym stopniu na świetle, przy czym najkorzystniejsze okazało się stężenie $5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ IAA (tab. 1).

Kwas giberelinowy w miarę zwiększania stężenia od $0,5$ do $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ stymulował proces kiełkowania badanych odmian jęczmienia zarówno w ciemności, jak i na świetle, co wyraziło się zwiększeniem zdolności ich kiełkowania (tab. 1).

Również kinetyna, zastosowana zwłaszcza w stężeniach: 25, 50 $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, wpływała korzystnie na kiełkowanie ziarniaków odmian Piast i Kujawiak w ciemności, a we wszystkich stężeniach na świetle (tab. 1). Na uwagę zasługuje fakt, że ziarniaki jęczmienia odmiany Bomi, które w ciemności reagowały na stężenia wyższe kinetyny osłabieniem kiełkowania, wykazały większą zdolność kiełkowania przy współdziałaniu wzrastających stężeń kinetyny ze światłem. Otrzymane wyniki wskazują także na istnienie pewnych różnic odmianowych w reakcji ziarniaków na zastosowane dawki kinetyny. Substancja ta bowiem nie wpływała istotnie na zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia ozimego odmiany Xenia (tab. 1).

Oddychanie. Z przeprowadzonych doświadczeń wynika, że kwas 3-indoliloctowy w stężeniu $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ wpływał hamująco na oddychanie

Tab. 1. Wpływ IAA, GA₃ i kinetyny na zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia
Influence of IAA, GA₃ and kinetin on germinating ability of barley caryopsis

Warunki świetlne Light conditions	Substancja Substance	Stężenie w mg · l ⁻¹ Concentration in mg · l ⁻¹	Odmiana jęczmienia — Barley variety			
			Piast %	Bomi %	Kujawiak %	Xenia %
1	2	3	4	5	6	7
Ciemność Darkness	IAA	0,0	84,4	92,6	78,0	84,3
		0,5	85,8	93,0	78,0	89,0
		5,0	82,4	92,3	77,3	91,0
		25,0	81,3	92,2	71,0	87,7
		50,0	81,0	92,0	75,8	87,0
		100,0	80,1	90,5	69,0	84,0
Ciemność Darkness	GA ₃	0,0	83,3	92,2	83,2	84,0
		0,5	88,8	91,0	84,7	86,0
		5,0	87,2	92,7	83,3	87,3
		25,0	87,2	93,3	93,0	83,3
		50,0	86,9	94,7	93,3	88,7
		100,0	88,8	94,0	96,0	87,3
	Kinetyna Kinetin	0,0	82,4	91,3	74,3	81,7
		0,5	83,7	90,3	72,2	83,3
		5,0	80,3	91,7	76,7	81,5
		25,0	83,0	88,0	80,3	78,3
		50,0	82,7	88,7	79,7	82,0
		100,0	87,7	88,7	79,2	82,8
Światło Light	IAA	0,0	78,1	84,2	74,0	83,0
		0,5	77,8	87,0	78,3	82,0
		5,0	78,5	87,7	78,0	87,0
		25,0	77,3	85,3	77,8	82,8
		50,0	75,7	85,6	73,0	83,7
		100,0	76,1	80,5	70,7	83,7
	GA ₃	0,0	84,0	86,7	75,2	81,3
		0,5	87,0	92,7	74,7	81,0
		5,0	89,0	91,7	89,0	88,8
		25,0	89,3	89,3	90,2	87,7
		50,0	86,0	91,8	92,3	92,2
		100,0	82,5	92,0	93,0	92,5
Kinetyna Kinetin	0,0	80,7	87,2	69,8	80,3	
	0,5	83,9	91,0	75,7	78,0	
	5,0	82,7	91,5	74,0	78,2	
	25,0	82,3	93,3	75,3	81,2	
	50,0	83,0	93,7	72,3	80,0	
	100,0	83,7	95,0	76,7	78,7	
Ciemność Światło	— Darkness — Light		84,3 82,1	91,6 89,2	80,3 78,3	85,0 83,4
	IAA		79,9	88,6	75,1	85,4
	GA ₃		86,7	91,8	87,3	86,6
	Kinetyna		83,0	90,9	75,5	80,6
	Kinetin					

Ciąg dalszy tab. 1 — Table 1 continued

1	2	3	4	5	6	7
		0,0	82,1	89,0	75,7	82,4
		0,5	84,5	90,8	77,2	83,2
		5,0	83,3	91,2	79,7	85,6
		25,0	83,4	90,2	81,3	83,5
		50,0	82,5	91,1	81,1	85,5
		100,0	83,1	90,1	80,7	84,8
NUR $p=0,05$						
dla warunków świetlnych — for light conditions						
			0,90	0,90	1,15	1,08
dla substancji — for substances						
			1,31	1,31	1,69	1,59
dla stężenia — for concentration						
			n.i.	n.i.	2,91	2,73
dla współdziałania — for interaction						
			n.s.	n.s.		
			n.i.	6,89	8,87	n.i.
			n.s.			n.s.

kiełkujących ziarniaków jęczmienia jarego, przy czym zaznaczyła się odmienna reakcja ziarniaków na działanie IAA w czasie (tab. 2).

Wpływ GA_3 na oddychanie kiełkujących ziarniaków jęczmienia był w pewnym stopniu stymulujący. U ziarniaków jęczmienia jarego odmiany Bomi oraz ozimego odmian Kujawiak i Xenia stwierdzono po 24 godz. kiełkowania obniżenie, a po 48 godz. nasilenie oddychania (tab. 2).

W przypadku kinetyny natomiast ujawniła się tendencja do hamowa-

Tab. 2 Wpływ IAA, GA_3 i kinetyny na natężenie oddychania kiełkujących ziarniaków jęczmieniaInfluence of IAA, GA_3 and kinetin on respiration intensity of germinating barley caryopsis

Odmiana jęczmienia Barley variety	Czas kiełkowania w godz. Time of germination in hrs	Natężenie oddychania w $mg\ CO_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ s.m. ziarniaków wykiełkowanych w obecności regulatorów wzrostu w stężeniu $50\ mg \cdot l^{-1}$ Respiration intensity in $mg\ CO_2 \cdot h^{-1} \cdot g^{-1}$ of dry mass of caryopsis germinated in presence of growth regulators in concentration $50\ mg \cdot l^{-1}$					NUR $p=0,05$
		Kontrola Control	IAA	GA_3	Kinetyna Kinetin		
Piast	24	0,25	0,24	0,25	0,25	n.i.	
	48	1,12	0,77	1,13	1,08	n.s.	
	72	1,64	1,45	1,66	1,65	0,12	
Bomi	24	0,23	0,22	0,22	0,21	n.i.	
	48	0,94	0,75	1,16	0,94	n.s.	
	72	1,57	1,50	1,69	1,55	0,07	
Kujawiak	24	0,45	0,41	0,34	0,33	0,11	
	48	1,07	1,10	1,50	1,13	0,03	
	72	1,72	1,81	1,78	1,67	0,21	
Xenia	24	0,40	0,40	0,35	0,38	0,09	
	48	1,08	1,09	1,42	1,07	0,09	
	72	1,68	1,76	1,78	1,71	n.i.	
						n.s.	

nia oddychania kiełkujących ziarniaków badanych odmian jęczmienia. Wyraźniejsze osłabienie oddychania po 24 godz. kiełkowania wystąpiło pod wpływem kinetyny u jęczmienia jarego odmiany Bomi oraz ozimego odmian Kujawiak i Xenia (tab. 2). W miarę upływu czasu na ogół zanikał hamujący wpływ kinetyny.

DYSKUSJA

Uzyskane wyniki z przeprowadzonych doświadczeń wskazują, że wpływ kwasu 3-indoliloctowego na kiełkowanie ziarniaków jęczmienia był uzależniony od warunków świetlnych oraz od stężenia tej substancji. Zastosowane w ciemności wyższe dawki IAA spowodowały zmniejszenie zdolności kiełkowania ziarniaków odmian Piast i Kujawiak. Przyczyną tego mogła być duża zawartość auksyn w ziarniakach i egzogenne zwiększenie poziomu IAA nie wywołało dodatniego wpływu na kiełkowanie. Również IAA w stężeniu $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ hamował oddychanie ziarniaków jęczmienia jarego. W dostępnym piśmiennictwie nie spotkano opracowań dotyczących wpływu IAA na oddychanie kiełkujących ziarniaków jęczmienia. Otrzymane wyniki jednak można porównać z danymi, jakie uzyskali R u e s i n k i F e e m a n (31) w doświadczeniach z owsem. Stwierdzili oni, że IAA zastosowany w stężeniu wysokim $0,57 \text{ mM}$ ($100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) zmniejszał intensywność oddychania odcinków koleoptyli owsa jeszcze przed zahamowaniem ich wzrostu. W przeprowadzonych doświadczeniach zastosowane stężenie IAA $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ było prawdopodobnie dawką zbyt wysoką, hamującą oddychanie ziarniaków jęczmienia jarego. Według niektórych autorów (5, 20, 27) ujemny efekt stosowania IAA w wyższych stężeniach na kiełkowanie może wynikać z tego, iż zawartość auksyn w ziarnie zbóż jest na ogół duża i dodatkowe stosowanie tych substancji z zewnątrz wpływa hamująco na wzrost i rozwój młodej rośliny. Hamowanie kiełkowania pod działaniem wyższych stężeń IAA obserwowano też w doświadczeniach prowadzonych na nasionach innych roślin, takich jak pszenica, kukurydza, klon tatarski, łubin żółty, groch, len i słonecznik (8, 24, 29, 34).

Działanie kwasu 3-indoliloctowego na kiełkowanie jęczmienia może wynikać też z wpływu tego związku na podziały komórek w merystemach kiełkujących ziarniaków. Za taką sugestią przemawiałyby wyniki badań K i s i e l e w e j (9), która stwierdziła, że IAA zastosowany w stężeniu 0,005% powodował maksymalne podwyższenie indeksu mitotycznego komórek merystemów korzeni i pędów kiełkującego jęczmienia, a w stężeniu 0,1% obniżał liczbę dzielących się komórek. W omawianych badaniach IAA w stężeniu $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ (0,01%) zmniejszał na ogół zdolność kiełkowania ziarniaków jęczmienia zarówno w ciemności, jak i na świetle (tab. 1).

Zaobserwowane współdziałanie zastosowanego w niższych stężeniach IAA i światła w stymulacji kiełkowania, zwłaszcza ziarniaków odmian Bomi i Kujawiak, wskazywałoby na możliwość znoszenia przez światło ujemnego wpływu auksyny na kiełkowanie jęczmienia. Przyczyną tego zjawiska mogła być inaktywacja kwasu 3-indoliloctowego przez światło.

Inną wrażliwość na działanie auksyny wykazały ziarniaki odmiany Xenia, u których szczególnie w ciemności pod wpływem IAA nastąpiło zwiększenie zdolności kiełkowania. Wydaje się, że ziarniaki tej odmiany mogły zawierać mniej endogennych auksyn, wobec czego zastosowanie egzogenego IAA wpłynęło korzystnie na ich kiełkowanie oraz w pewnym stopniu na oddychanie (tab. 1 i 2).

Otrzymane zatem wyniki wskazują na różną wrażliwość badanych odmian jęczmienia na działanie IAA, wynikającą prawdopodobnie z innej zawartości auksyn w ziarniakach poszczególnych odmian, co może być uwarunkowane genetycznie.

Stwierdzony wzrost zdolności kiełkowania ziarniaków pod wpływem GA_3 i kinetyny potwierdzałyby znaną prawidłowość, że substancje te, jako stymulatory wzrostu i rozwoju roślin, wpływają na przyspieszenie przemian metabolicznych w czasie kiełkowania, co prowadzi do przyspieszenia wzrostu. Dowodzi tego również zwiększenie natężenia oddychania kiełkujących ziarniaków, widoczne szczególnie wyraźnie pod działaniem GA_3 (tab. 2).

Stymulujący wpływ gibereliny na kiełkowanie i oddychanie ziarniaków jęczmienia po 48 i 72 godz. kiełkowania jest niewątpliwie związany z udziałem GA_3 w przemianach węglowodanów. We wcześniej przeprowadzonych badaniach (12, 26) nad wpływem GA_3 na proces kiełkowania wykazano, że substancja ta przyspiesza przemiany cukrów, dostarczając pośrednio substratu niezbędnego w procesie oddychania, a energia uwolniona w wyniku stymulacji oddychania zostaje wykorzystana do wzrostu kielków (32). Podano również informacje, że rosnące pędy jęczmienia zużywają węglowodany wydajniej niż korzenie i wzrost ich może powodować zwiększenie wydajności oddychania (14). Obserwowane zatem zwiększenie natężenia oddychania kiełkujących w obecności GA_3 ziarniaków jęczmienia mogło nastąpić w wyniku przyspieszenia kiełkowania i wzrostu koleoptyla pod wpływem zastosowanej substancji. Podobne zależności tzn. dodatnią korelację pomiędzy nasileniem oddychania a stymulacją wzrostu kielków poddanych działaniu GA_3 , wykazali na jęczmieniu Nielsen i Bergqvist (23), na pszenicy Anderson (3), a na sałacie Saxena i inni (32).

Przyspieszenie wzrostu i dodatni wpływ na kiełkowanie ziarniaków jęczmienia pod działaniem kinetyny ze światłem mogło nastąpić na skutek zwiększenia syntezy białka. Z wcześniejszych bowiem badań Kny-

pla (11) wynika, że światło również wpływa na zwiększenie syntezy białka w liściach jęczmienia. Istnieją też prace stwierdzające współdziałanie kinetyny i światła w stymulacji kiełkowania nasion sałaty (21, 28), a także wzrostu siewek żyta (4). W obydwu przypadkach wzmożona szybkość kiełkowania oraz wzrost kielków i liści był związany ze zwiększeniem ilości polirybosomów. Wydaje się zatem, że przyczyną zwiększenia zdolności kiełkowania ziarniaków jęczmienia przez kinetynę i światło mogło być zwiększenie syntezy białka, prowadzące do szybszego wzrostu komórek. Zależność ta wyjaśnia korzystne i wzmagające się wzajemnie współdziałanie kinetyny i światła w stymulacji kiełkowania ziarniaków badanych odmian jęczmienia.

Brak natomiast jednokierunkowego wpływu kinetyny na natężenie oddychania kiełkujących ziarniaków, z tendencją do hamowania oddychania, może wynikać z tego, iż kinetyna zastosowana była w stężeniu $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, które mogło być dawką za wysoką. Z badań bowiem prowadzonych na innym materiale doświadczalnym, takim jak korzenie tykwy (16) czy tkanka kallusa soi (22), wynika, że kinetyna zastosowana w stężeniach niskich ($0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ czy $10 \text{ } \mu\text{M}$) wpływała na zwiększenie intensywności oddychania, a w stężeniach wyższych ($1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ czy $100 \text{ } \mu\text{M}$) hamowała oddychanie. Obserwowaną zatem w przeprowadzonych doświadczeniach tendencję kinetyny do hamowania oddychania można tłumaczyć za Mardanowem i in. (16) tym, że pod działaniem wysokiej dawki kinetyny mogło nastąpić hamowanie glikolizy i aktywności oksydaz miedziowych, zmniejszające natężenie procesu oddychania kiełkujących ziarniaków.

Wyniki omawianych badań wskazują na występowanie złożonego oddziaływania egzogenne zastosowanych regulatorów wzrostu na kiełkowanie ziarniaków jęczmienia. Wpływ następczy IAA, GA_3 i kinetyny, zastosowanych podczas kiełkowania, na wzrost i rozwój roślin doświadczalnych jęczmienia, zostanie przedstawiony w następnych publikacjach.

Pani Profesor dr hab. Zofii Uziak oraz Panu Docentowi drowi hab. Eugeniuszowi Gawrońskiemu składam serdeczne podziękowania za cenne uwagi dotyczące tej pracy.

PISMIENICTWO

1. Abdul-Baki A. A.: Metabolism of Barley Seed During Early Hours of Germination. *Plant Physiol.* **44**, 733—736 (1969).
2. Abdul-Baki A. A., Anderson J. D.: Viability and Leaching of Sugars from Germinating Barley. *Crop. Sci.* **10**, 31—34 (1970).
3. Anderson J. D.: Metabolic Changes in Partially Dormant Wheat Seeds During Storage. *Plant Physiol.* **46**, 605—608 (1970).

4. Boer J. de, Feierabend J.: Comparative Analysis of the Action of Cytokinin and Light on the Growth of Rye Leaves. *Planta* **142**, 67—73 (1978).
5. Chojnacka D.: Regulatory wzrostu a gospodarka wodna roślin. *Wiad. Bot.* **19** (4), 219—229 (1975).
6. Evenari M.: Light and Seed Dormancy. *Handbuch der Pflanzenphysiologie* **15**. Springer-Verlag, Berlin—Heidelberg—New York 1965, 804—847.
7. Jakuszkina N. J., Durandin A. J.: Wlijanije spektralnogo sostawa swiata i gibbieriellina na rost prorostkow jaczmenia i intiensivnost' foto-fosforilowanija w nich. *Sielśkochozajstwienaja biol.* **8**, 29—32 (1973).
8. Kiczigin A. A.: Prorastanije siemian pszenicy pri wozdiejstwii fiziologiczeski aktywnymi wieszczestwami. *Sielskochozajstwienaja biol.* **4**, 626—628 (1972).
9. Kisielowa G. N. W.: Reakcyja mieristematiczeskich tkaniej prorostkow jaczmenia na obrabotku ich indoliluksusnoj i gibbieriellowoj kislotami. [w:] *Cytogieniet. gibridow mutacyj i ewolucyja kariotipa*. „Nauka” Nowosibirsk 1977, 130—136 oraz *Ref. Zurn.* **12** (G 229), 36 (1977).
10. Knut N., Klein R. M.: Development of Cultured Barley Embryos. II. Precious Germination and Dormancy. *Can. J. Bot.* **50** (9), 1887—1894 (1972).
11. Knypl J. S.: Wpływ retardantów wzrostu, kumaryny, gibereliny i cytokinin na kiełkowanie nasion oraz syntezę i rozpad chlorofilu, białek i RNA w liściach i liścieniach. *Praca hab.*, Łódź 1970.
12. Koller D., Mayer A. M., Poljakoff-Mayber A., Klein S.: Seed Germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **13**, 437—464 (1962).
13. Kulka K.: Oddychanie i sucha masa kiełkującego ziarna owsa i jęczmienia o różnym wieku. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* **113**, 133—140 (1971).
14. Lambers H., Noord R.: Respiration of *Senetio* Shoots: Inhibition During Photosynthesis, Resistance to Cyanide and Relation to Growth and Maintenance. *Physiol. Plantar.* **45**, 351—356 (1979).
15. Leff J.: Interaction between Kinetin and Light on Germination of Grand Rapids Lettuce Seeds. *Plant Physiol.* **39**, 299—303 (1964).
16. Mardanow A. A., Abutalybow M. G., Wezirowa N. B., Jakubowa T. A.: Wlijanije kinietina na dychanije korniej tykwy. *Fiziol. i biochim. kult. rast.* **8**, 196—198 (1976).
17. Mathew T., Dave J. Ch., Gaur B. K.: Effect of Gibberellic Acid, Indole-3-acetic Acid and L-ascorbic Acid on the Regulation of RNA Metabolism in De-etiolated Barley Shoot. *Z. Pflanzenphysiol.* **90**, 391—396 (1978).
18. Mayer A. M.: Control of Seed Germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **25**, 167—193 (1974).
19. McCready C. C.: Translocation of Growth Regulators. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **17**, 283—294 (1966).
20. Michniewicz M.: Krytyczna ocena dotychczasowego stanu badań i perspektywy praktycznego stosowania substancji wzrostowych. *Post. Nauk Roln.* **4**, 75—97 (1966).
21. Miller C. O.: Similarity of Some Kinetin and Red Light Effects. *Plant Physiol.* **31**, 318—319 (1956).
22. Moore T. S., Miller C. O.: Effects of Cytokinins on the Respiration of Soybean Callus Tissue. *Plant Physiol.* **50**, 594—598 (1972).
23. Nielsen N., Bergqvist G.: Stimulation of the Respiration of Seeds with Gibberellic Acid and Its Analytical Application. *Physiol. Plantar.* **11**, 329—331 (1958).
24. Nikolajewa M. G., Poljakowa E. N., Dalecka T. W., Petrowa

- W. N., Worowiewa N. S.: Wlijanije 3-indoliluksusnoj kisloty na prorastanije siemian i rost zarodyszej i jejo wzaimodiejstwije s drugimi gormonami. Fiziol. rast. **21**, 919—926 (1974).
25. Oktaba W.: Metody statystyki matematycznej w doświadczalnictwie. PWN, Warszawa 1972.
 26. Paleg L. G.: Physiological Effects of Gibberellic Acid. I. On Carbohydrate Metabolism and Amylase Activity of Barley Endosperm. *Plant Physiol.* **35**, 293—299 (1960).
 27. Radley M.: The Role of Gibberellin, Abscisic Acid and Auxin in the Regulation of Developing Wheat Grains. *J. Exp. Bot.* **30**, 381—389 (1979).
 28. Rao V. S., Braun J. W., Khan A.: Promotive Effects of Organic Solvents and Kinetin on Dark Germination of Lettuce Seeds. *Plant Physiol.* **57**, 446—449 (1976).
 29. Ratajczak L., Ratajczak W., Hoffmanowa A.: The Effects of Hormone Treatment of the Seeds on Growth and Development of Some *Leguminosae*. I. Hastening of Germination and Lupine, Broadbean and Pea Seedling Development by Gibberellic Acid. *Bull. Soc. Amis Sci. Lett. (Poznań)*, seria D **18**, 23—33 (1978).
 30. Reynolds T., Thompson P. A.: Effects of Kinetin, Gibberellins and (\pm) Abscisic Acid on the Germination of Lettuce (*Lactuca sativa*). *Physiol. Plantar.* **23**, 516—522 (1973).
 31. Ruesink A. W., Feeman T.: Elongation, Solute Loss Osmotic Potential Changes, and Respiration Rate Changes During the Treatment of *Avena* Coleoptile Segments with Superoptimal Auxin Concentrations. *Physiol. Plantar.* **38**, 109—114 (1976).
 32. Saxena M. C., Rai V. K., Laloraya M. M.: Respiratory Changes During Gibberellins Induced Growth in Lettuce Seedlings. *Indian J. Plant Physiol.* **21**, 106—112 (1978) oraz *Ref. Żurn.* **10** (G 42), 7 (1979).
 33. Sherwin J. E., Furuya M.: A Red Far Red Reversible Effect on Uptake of Exogenous Indoleacetic Acid in Etiolated Rice Coleoptiles. *Plant Physiol.* **51**, 295—298 (1972).
 34. Smirnow J. E., Krupnikowa T. A.: Formatiwnyj effiekt indoliluksusnoj kisloty. *Bot. żurn.* **63**, 1484—1497 (1978).
 35. Toole E. H., Hendricks S. B., Borthwick H. A., Toole V. K.: Physiology of Seed Germination. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **7**, 299—324 (1956).
 36. Torrey J. G.: Hormones and Plant Growth. *Ann. Rev. Plant Physiol.* **27**, 435—459 (1976).
 37. Woodstock L. W.: Biochemical Tests for Seed Vigor. *Proc. ISTA* **34**, 253—263 (1969).
 38. Woodstock L. W.: Seedling Growth as a Measure of Seed Vigor. *Proc. ISTA* **34**, 273—280 (1969).
 39. Yentur S., Leopold A. G.: Respiratory Transition During Seed Germination. *Plant Physiol.* **57**, 274—276 (1976).

РЕЗЮМЕ

В условиях контролируемых света и температуры исследовали влияние IAA, GA₃ и кинетина (концентрации: 0, 0,5, 5, 25, 50 и 100 мг · л⁻¹) на прорастание зерновок ярового ячменя сорта Пяст и Боми и озимого ячменя сортов Куявяк и Хеня. Кроме того, определяли интенсивность дыхания прорастающих в тем-

ноте зерновок ячменя в присутствии регуляторов роста с концентрацией $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Реакция ячменя на примененные регуляторы зависела от условий освещения и от концентрации вещества. В темноте при концентрации $0,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ IAA 3-индолилуксусная кислота оказывала действие, стимулирующее прорастание, при концентрации 5, 25 и $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ — действие было тормозящим, оно частично ослаблялось светом. Независимо от освещения, тормозящее действие IAA на способность к прорастанию сохранялось при концентрации $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Растущие концентрации гиббереллиновой кислоты (от $0,5$ до $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$), как правило, стимулировали прорастание зерновок ячменя как в темноте, так и на свету. В то же время благоприятное стимулирующее влияние кинетина на способность зерновок ячменя к прорастанию отмечено в условиях взаимодействия со светом. Было выявлено также влияние названных выше веществ на интенсивность дыхания прорастающих зерновок ячменя. IAA тормозяще действовал на дыхание зерновок ярового ячменя, GA_3 — действовал стимулирующе на дыхание зерновок ярового ячменя сорта Боми и обоих сортов озимого ячменя. В то же время не замечено отчетливого влияния кинетина на интенсивность дыхания, наблюдали лишь тенденцию к тормозящему действию кинетина на дыхание. Полученные результаты свидетельствуют о том тоже, что реакции зерновок разных сортов на примененные регуляторы роста несколько отличались друг от друга.

SUMMARY

In the controlled conditions of light and temperature the influence of indole acetic acid (IAA), gibberellic acid (GA_3) and kinetin used in the concentrations: 0, 0.5, 5, 25, 50 and $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ on the ability of germination of spring barley caryopsis of Piast and Bomi varieties as well as of winter barley of Kujawiak and Xenia variety was examined. Moreover, there was determined the intensity of respiration of barley caryopsis germinating in darkness in the presence of growth regulators used in concentration $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. The reaction of barley to the applied regulators of growth depended on light intensity as well as on the kind and concentration of the substance. Under the influence of concentration $0.5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ IAA in darkness the action of indole acetic acid on germination was stimulating, whereas under the influence of concentration: 5, 25 and $50 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ — germination was inhibited; the action was partially neutralized by light. The inhibitory effect of IAA on germination ability was maintained in concentration $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ independently on light conditions. Increasing concentrations of gibberellic acid (from 0.5 to $100 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$) usually stimulated germination of barley caryopsis both in darkness and in light. However, advantageous influence of kinetin on germination ability of barley caryopsis was even more stimulating in joint action with light. There was also marked an influence of the examined substances on the intensity of respiration of germinating barley caryopsis. IAA inhibited respiration of spring barley caryopsis. GA_3 showed a stimulating effect on respiration of spring barley caryopsis of Bomi variety and of both winter barley varieties. In case of kinetin, however, no clear influence on respiration intensity was found. There was only revealed a tendency to inhibit respiration by kinetin. The obtained results also indicate the existence of certain variety differences in the reaction of caryopsis to the applied growth regulators.

