

Jadwiga Wierzbowska

GOSPODARKA POTASEM PSZENICY JAREJ W ZALEŻNOŚCI OD STOSOWANIA REGULATORÓW WZROSTU I POZIOMU NAWOŻENIA TYM SKŁADNIKIEM

**Katedra Chemii Rolnej i Ochrony Środowiska
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie**

WSTĘP

Spośród kationów potas jest pobierany w największych ilościach (BARŁÓG i in. 2001), z dużym wyprzedzeniem w stosunku do rozwoju biomasy, a optymalne zaopatrzenie roślin w ten składnik poprawia efektywność plonotwórczą azotu (SZCZEPANIAK 2004). Najwyższą zawartość potasu stwierdza się w roślinach najmłodszych, w miarę wzrostu koncentracja stopniowo się obniża. U zbóż największe tempo pobrania potasu przypada na okres strzelania w źdźbło i utrzymuje się do fazy kłoszenia. Akumulacja tego składnika w pszenicy trwa do kwitnienia, po okresie tym do zbiorów może zmniejszyć się nawet o 50% w stosunku do pobrania maksymalnego (WIERZBOWSKA, NOWAK 2000, PREEZ du BENNIE 1991, ŁASZCZYŃSKA 1988a,b).

Celem pracy było prześledzenie wpływu regulatorów wzrostu na gospodarkę potasem w roślinach pszenicy jarej w warunkach wzrastającego poziomu nawożenia tym składnikiem.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie, w 4 powtórzeniach, założono w wazonach Mitscherlicha napełnionych 6,5 kg piasku gliniastego lekkiego o pH w 1M KCl = 6,4 i średniej zasobności w przyswajalny fosfor, potas i magnez. Zastosowano nawożenie mineralne:

- N – 1,5 g/wazon (NH_4NO_3),
- P – 0,5 g/wazon (KH_2PO_4),
- K – 0–3,0 g/wazon (KH_2PO_4 uzupełniony KCl i K_2SO_4 w stosunku 1:1),
- Mg – 0,25 g/wazon ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

P i Mg w całości oraz połowę dawki N i K wniesiono do gleby przedsiwennie. Pozostałą ilość nawozów NK zastosowano w 2 równych częściach – na początku krzewienia oraz w fazie strzelania w źdźbło. W wazonie uprawiano po 20 szt. pszenicy jarej odmiany Jasna.

W celu porównania działania regulatorów wzrostu w warunkach stosowania wzrastających dawek nawozów potasowych wazonny podzielono na grupy wg stosowanych oprysków regulatorami wzrostu.

Wariant doświadczenia	Termin oprysku i użyte regulatory wzrostu	
	początek krzewienia	początek kwitnienia
I – kontrola	woda destylowana	woda destylowana
II – kinetyna	BAP (6-benzyloaminopuryna)	FAP (furfuryloaminopuryna)
III – giberelina	GA_3 (kwas giberelinowy)	GA_3 (kwas giberelinowy)
IV – auksyna	IAA (kwas 3-indoliloctowy)	NAA (kwas α -naftyloctowy)

Objętość roztworu użytego do oprysku każdej z grup roślin wynosiła $0,5 \text{ dm}^3$. Stężenie regulatorów wzrostu – $50 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Pszenicę zebrano w fazie dojrzałości pełnej, następnie rozdzielono na organy: ziarno, plewy z osadką kłosową, źdźbło, liść flagowy, liść 2 oraz pozostałe liście. Po wykonaniu pomiarów biometrycznych próby roślin z poszczególnych wazonów łączono według obiektów doświadczalnych w próby zbiorcze. Zmielony materiał roślinny mineralizowano w stężonym kwasie siarkowym z dodatkiem ditlenku wodoru jako utleniacza. Potas oznaczono metodą fotopłomieniową.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Zawartość składników mineralnych, w tym również potasu, w ziarnie zbóż może się zmieniać w zależności od czynników klimatycznych i warunków uprawy (MAKARSKA, MICHALIK 2003).

Tabela 1
Table 1Zawartość potasu w organach pszenicy jarej (g K · kg⁻¹ s.m.)
Potassium content in organs of spring wheat (g K · kg⁻¹ d.w.)

Regulatory wzrostu Plant growth regulators	Dawka K w g wazon ⁻¹ – Dose K in g per pot							Średnio Mean
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
Ziarno – Grain								
Kontrola – Control	8.00	7.40	8.60	8.00	8.30	8.60	8.00	8.13
Kinetyna – Kinetin	9.60	9.80	9.80	9.20	8.60	9.80	9.60	9.49
Giberelina – Gibberellin	7.80	7.80	7.80	7.40	7.40	7.80	7.80	7.69
Auksyna – Auxine	9.20	9.80	8.40	8.60	8.80	9.00	9.00	8.97
Średnie – Means	8.65	8.70	8.65	8.30	8.28	8.80	8.60	–
Plewy – Glume								
Kontrola – Control	29.80	40.30	40.00	36.80	38.50	44.80	44.80	39.54
Kinetyna – Kinetin	40.30	43.80	45.80	46.00	45.80	46.80	44.80	44.76
Giberelina – Gibberellin	33.00	31.15	30.50	29.90	29.20	28.60	28.00	30.10
Auksyna – Auxine	36.30	38.50	45.80	42.00	40.50	33.00	31.80	38.27
Średnie – Means	34.85	38.53	40.53	39.13	38.50	38.30	37.35	–
Żółtko – Stem								
Kontrola – Control	38.50	45.20	50.00	51.30	51.70	52.00	66.00	50.67
Kinetyna – Kinetin	44.00	48.20	62.00	66.70	71.30	71.30	71.40	62.13
Giberelina – Gibberellin	33.00	46.00	48.60	51.20	50.40	55.00	59.50	49.61
Auksyna – Auxine	48.50	50.70	52.80	54.40	56.20	57.00	61.40	54.43
Średnie – Means	41.00	47.53	53.35	55.90	58.30	58.83	64.58	–
Liść flagowy – Flag leaf								
Kontrola – Control	34.20	40.00	43.80	50.00	55.00	53.80	53.80	47.23
Kinetyna – Kinetin	43.60	48.00	53.00	53.80	53.80	53.80	55.00	51.57
Giberelina – Gibberellin	43.00	44.30	45.80	49.30	49.30	48.30	47.50	46.79
Auksyna – Auxine	40.30	45.80	49.30	49.30	51.30	53.00	54.00	49.00
Średnie – Means	40.28	44.53	47.98	50.60	52.35	52.23	52.58	–
Liść 2 – Second leaf								
Kontrola – Control	41.60	43.00	47.60	48.40	51.20	50.00	48.20	47.14
Kinetyna – Kinetin	46.00	48.20	50.00	51.40	48.20	49.00	49.00	48.38
Giberelina – Gibberellin	37.20	37.20	41.60	43.40	44.00	43.40	43.40	41.46
Auksyna – Auxine	43.00	48.40	50.60	47.60	48.80	50.00	57.00	49.34
Średnie – Means	41.95	44.20	47.45	47.70	48.05	48.10	49.40	–
Pozostałe liście – Remaining leaves								
Kontrola – Control	55.30	57.50	60.50	61.30	70.50	69.90	69.30	63.47
Kinetyna – Kinetin	60.50	60.50	65.00	68.30	72.00	78.50	72.00	68.40
Giberelina – Gibberellin	58.00	53.80	55.30	57.30	61.15	62.50	60.50	58.41
Auksyna – Auxine	60.50	52.80	57.50	57.50	57.50	58.60	62.30	58.10
Średnie – Means	58.58	56.65	59.58	61.10	65.38	67.38	66.03	–

W niniejszych badaniach, podobnie jak w pracach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2000, 2002), regulatory wzrostu w większym stopniu niż poziom nawożenia modyfikowały zawartość potasu w ziarnie pszenicy (tab. 1). Kinetyna i auksyna wyraźnie zwiększyły koncentrację potasu w ziarnie odpowiednio o 16,73 i 10,33%, a giberelina w niewielkim stopniu (-5,41%) ją obniżyła. Analogiczne tendencje uwidoczniły się także w organach wegetatywnych, oprócz pozostałych liści, w których tylko kinetyna o 7,77% zwiększyła zawartość tego składnika, a pozostałe fitohormony zmniejszyły o 8,00–8,50%.

Podobnie jak w badaniach GORBANOVA i KOSTADINOVEJ (2000) oraz STEPANIA i in. (2005), nawożenie potasem tylko w niewielkim stopniu modyfikowało zawartość tego pierwiastka w ziarnie, natomiast w organach wegetatywnych koncentracja wzrastała analogicznie do zastosowanych dawek tego składnika. Najwyższy przyrost koncentracji stwierdzono w źdźbło, gdzie po zastosowaniu 3,0 g K na wazon uzyskano 57,50% przyrost zawartości w porównaniu z pszenicą uprawianą bez nawożenia potasem.

Mniejsza masa wytworzonych organów, mimo na ogół wyższej zawartości potasu, sprawiła, że auksyna – a w niewielkim stopniu również kinetyna – zmniejszyła akumulację potasu w całych roślinach pszenicy (tab. 2). Z kolei pod wpływem gibereliny, głównie dzięki większej masie źdźbła, akumulacja tego pierwiastka była zbliżona do poziomu w roślinach kontrolnych.

Tabela 2
Table 2

Akumulacja potasu w roślinach pszenicy jarej (mg K na roślinę)
Potassium accumulation in spring wheat plants (mg K per plants)

Wyszczególnienie Specification	Organy rośliny – Plant organs						Razem Total
	ziarno graino	plewy glume	źdźbło stem	liść flagowy flag leaf	liść 2 second leaf	pozostałe liście remaining leaves	
Średnie dla regulatorów wzrost– Means for plant growth regulators							
Kontrola – Control	8.44	17.28	32.76	15.70	9.11	30.16	113.44
Kinetyna – Kinetin	7.66	15.96	32.95	14.74	8.86	31.10	111.28
Giberelina – Gibberellin	7.12	12.68	45.11	14.07	8.01	26.94	113.93
Auksyna – Auxine	8.54	14.53	34.01	15.51	8.21	24.28	105.07
Średnie dla dawki K – Means for dose K							
0.0	7.51	13.62	26.29	12.89	8.15	30.75	99.20
0.5	7.65	16.09	31.25	14.53	7.95	26.43	103.90
1.0	8.76	17.52	36.68	14.96	8.28	27.28	113.47
1.5	7.81	16.09	38.41	14.68	8.48	25.97	111.44
2.0	7.96	13.57	38.53	14.17	8.06	26.94	109.22
2.5	7.92	14.51	39.77	15.66	8.90	29.03	115.78
3.0	8.01	14.40	42.51	18.14	10.00	30.42	123.48

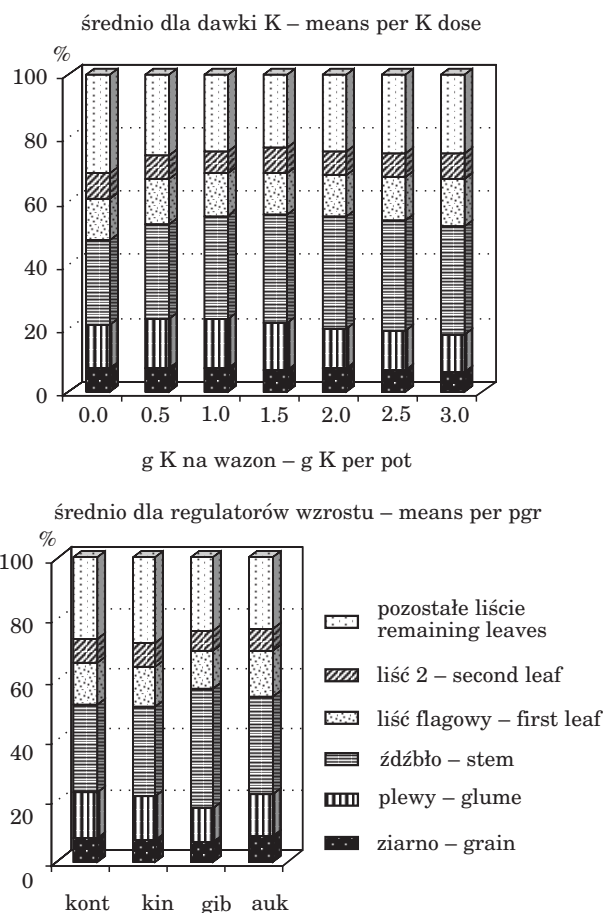
Podobne efekty uzyskano w badaniach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2002), w warunkach bowiem wzrastającego nawożenia azotem kinetyna i auksyna zmniejszyły globalne pobranie potasu przez pszenicę, natomiast giberelina nieco zwiększyła. Z kolei inne badania tych autorów (WIERZBOWSKA, NOWAK 2000) dowodzą, że zarówno auksyna, jak i kinetyna, szczególnie z dodatkiem mocznika, zwiększały pobranie potasu i jego akumulację w poszczególnych organach. Potwierdza to tezę, że wpływ regulatorów wzrostu na gospodarkę mineralną roślin jest uzależniony, w pewnym stopniu, od warunków środowiskowych.

Wzrastający poziom nawożenia potasem spowodował 24,48% przyrost akumulacji tego składnika w roślinach pszenicy, szczególnie na skutek zwiększonego nagromadzenia w źdźble (o 61,70%) i liściu flagowym (o 40,73%) – tab. 2. W pozostałych organach, w tym w ziarnie, zmiany te były znacznie mniejsze. Według FOTYMY (2005), o pobraniu potasu z plonem końcowym zbóż w większym stopniu decyduje poziom nawożenia azotem niż stosowanie lub nie nawożenia potasem.

Testowane regulatory wzrostu modyfikowały nie tylko zawartość i akumulację potasu w poszczególnych organach pszenicy, ale w pewnym stopniu wpływały również na udział tychże organów w retencjonowaniu potasu pobranego przez roślinę (rys. 1). Kinetyna i giberelina nieznacznie zmniejszały udział ziarna w gromadzeniu potasu, a auksyna zwiększyła. Fitohormony, a głównie giberelina i auksyna zwiększyły, kosztem najstarszych liści i plew, udział źdźbła w magazynowaniu tego pierwiastka. Podobne tendencje stwierdzono również w badaniach WIERZBOWSKIEJ i NOWAKA (2002), gdzie regulatory wzrostu, szczególnie giberelina, zmniejszyły akumulację tego pierwiastka w ziarnie, w plewach i pozostałych liściach. Natomiast w źdźble oraz w pierwszym i drugim liściu pod wpływem kinetyny, a zwłaszcza gibereliny, zwiększyło się gromadzenie potasu. Auksyna z kolei zmniejszyła całkowite pobranie potasu i jego akumulację w poszczególnych organach, z wyjątkiem liścia flagowego. Zdaniem NIEMYSKIEJ i STARCK (1988), egzogenna GA_3 może wpływać na zwiększoną remobilizację jonów K^+ ze starzejących się organów, co jednocześnie powoduje lepsze wykorzystanie jonów potasu w warunkach niedoboru. Wpływ egzogennych fitohormonów (IAA, GA_3) na pobieranie i transport jonów jest zróżnicowany, zależy m.in. od czasu działania egzogennie wprowadzonych hormonów w roślinie (CHOŁUJ 1988). Transport jonów może być regulowany przez IAA lub ABA przez ich wpływ na otwieranie i zamykanie kanałów jonowych w błonach komórkowych (BLATT 1993).

Również wzrastający poziom nawożenia zwiększał udział źdźbła w retencjonowaniu potasu, a jednocześnie ograniczał udział najstarszych liści, a po zastosowaniu najwyższych dawek – również ziarna i plew (rys. 1).

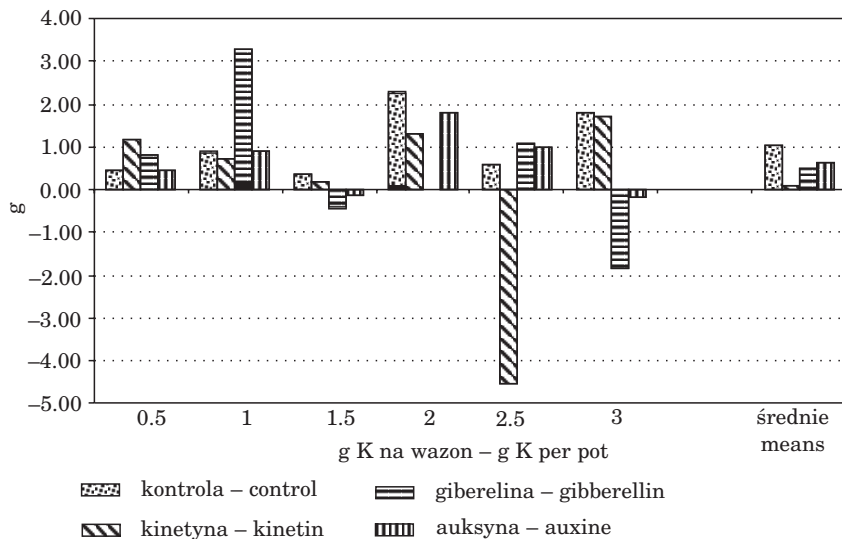
Efektywność fizjologiczną potasu, czyli przyrost plonu ziarna na 1 g K pobranego z plonem końcowym pszenicy, przedstawiono na rysunku 2. Najwyższą efektywność fizjologiczną uzyskano dla roślin kontrolnych. Fitohormony, zwłaszcza kinetyna, znacznie ograniczały efekt fizjologiczny nawożenia potasem. Najlepszy efekt (1,44 g ziarna na 1 g K) otrzymano zwiększając nawożenie z 0,5 do 1,0 g K. Był on szczególnie wysoki w przypadku pszenicy opryskiwanej gibereliną (3,27 g ziarna na 1 g K).



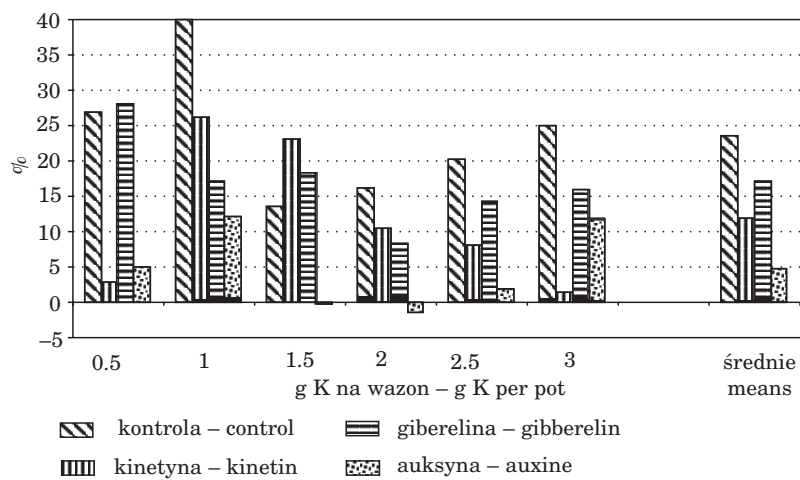
Rys. 1. Dystrybucja potasu w roślinach pszenicy jarej (kont -kontrola; kin – kinetyna; gib – giberelina; auk – auksyna)

Fig 1. Potassium distribution in plants of spring wheat (kont – control; kin – kinetyna; gib – giberelina; auk – auksyna)

Najwyższy poziom wykorzystania potasu z nawozów uzyskano dla roślin kontrolnych (rys.3). Auksyna (ok. 5-krotnie), a w nieco mniejszym stopniu również kinetyna (ok. 2-krotnie) i giberelina (ok. 1,4-krotnie) ograniczyły wykorzystanie tego składnika. Związane to było przede wszystkim z mniejszą biomasą roślin traktowanych zwłaszcza auksyną i kinetyną. Różnica ta nie została zrekompensowana, mimo większej zawartości potasu w poszczególnych organach pszenicy opryskiwanej kinetyną i auksyną, co wpłynęło na mniejsze pobranie tego składnika. Dawka 1 g K na 1 wazon zapewniała największe (23,78%) wykorzystanie składnika z nawozu, a w przypadku roślin kontrolnych nawet 39,91%.



Rys. 2. Efektywność fizjologiczna nawożenia potasem
Fig. 2. Physiological efficiency of potassium fertilization



Rys. 3. Wykorzystanie potasu z nawozów
Fig. 3. Potassium utilization with fertilizers

WNIOSKI

1. Kinetyna i auksyna zwiększyły zawartość potasu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy jarej, natomiast giberelina zmniejszyła tę zawartość.
2. Wzrastające dawki potasu w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość i akumulację potasu w ziarnie, natomiast w większym stopniu zwiększały zawartość i akumulację tego składnika w organach wegetatywnych, zwłaszcza w źdźble.
3. Egzogenne fitohormony, zwłaszcza kinetyna zmniejszyły fizjologiczną efektywność nawożenia potasem i wykorzystanie tego składnika z nawozów.
4. Dawka 1 g K na wazon zapewniła najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia i najwyższe wykorzystanie potasu z nawozów.

PIŚMIENNICTWO

- BARŁÓG P., LEHRKE R., GÓRSKI D., PARADOWSKI A. 2001. *Uptake of potassium, sodium and magnesium by high-yielding sugar beet varieties depending on potassium fertilizers*. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 480: 167 – 176.
- BLATT M. R. 1993. *Hormonal control of ion channel gating*. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Molec. Biol., 44: 543-567.
- CHOŁUJ D. 1988. *Wpływ fitohormonów i zróżnicowanego zaopatrzenia roślin rzodkiewki w potas na procesy pobierania, transportu i dystrybucji niektórych jonów* (praca doktorska). Inst. Biol. Roślin SGGW.
- FOTYMA E. 2005. *Interakcja potasu i azotu w nawożeniu roślin uprawy polowej*. Nawozy i Nawożenie, 3(24): 319 – 327.
- GORBANOV S., KOSTADINOVA S. 2000. *The effect of phosphorus and potassium fertilization on the yield and quality of winter wheat*. Potassium and phosphorus: fertilization effect on soil and crop Proc. Reg. IPI Workshop, Lithuania, 23 – 24 October 2000, 132 – 137.
- LSZTITY B. 1988a. *A mtrgyzs hatsa tpanyagok felutelre s dinamikjra szizban (N-, P-, K-, Ca-, Mg-)*. Nvntytermels, 37 (2): 143154.
- LSZTITY B. 1988b. *Az sziz bza, rozs s triticale szrazanyag-s elemforgalma*, Nvntytermels, 37 (6): 509-515.
- MAKARSKA E., MICHALIK M. 2003. *Wpływ systemu uprawy na zawartość i proporcje składników pokarmowych w ziarnie jęczmienia jarego*. J. Elementol., 8(2): 65 – 74.
- NIEMYSKA B., STARCK Z. 1988. *Effect of GA₃ on photosynthate allocation and invertase activity in radish plants on different potassium leaves*. Acta Soc. Bot. Pol., 57: 523-538.
- PREEZ C.C. DU., BENNIE A.T.P. 1991. *Concentration, accumulatio and uptake rate of macronutrients by winter wheat under irrigation*. S. Afr. J. Plant Soil, 8(1): 3137.
- STĘPIEŃ W., MERCIK S., SOSULSKI T. 2005. *Wpływ formy nawozu potasowego i sposobu nawożenia na plon i jakość roślin*. Nawozy i Nawożenie, 3(24): 401 – 407.
- SZCZEPANIAK W. 2004. *Reakcja roślin uprawnych na nawożenie potasem*. J. Elementol., 9(4) Suppl., 67 – 78.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G. A. 2000. *Effects of cytokinins and auxins application on potassium management of spring wheat in relation to level on mineral fertilization*. Natur. Sc., 7: 81 – 92.
- WIERZBOWSKA J., NOWAK G.A. 2002. *The influence of growth regulators and increasing doses of nitrogen on the phosphorus and potassium management of spring wheat*. Pol. J. Natur. Sc., 12(3): 7 – 19.

Jadwiga Wierzbowska

**GOSPODARKA POTASEM PSZENICY JAREJ W ZALEŻNOŚCI OD STOSOWANIA
REGULATORÓW WZROSTU I POZIOMU NAWOŻENIA TYM SKŁADNIKIEM**

Słowa kluczowe: pszenica jara, potas, gospodarka mineralna, regulatory wzrostu.

Abstrakt

Pod wpływem kinetyny i auksyny zawartość potasu w ziarnie i organach wegetatywnych pszenicy jarej wzrosła, natomiast pod wpływem gibereliny zmalała. Wzrastające dawki potasu w niewielkim stopniu modyfikowały zawartość i akumulację potasu w ziarnie, natomiast wyraźnie zwiększały zawartość i akumulację tego składnika w organach wegetatywnych, zwłaszcza w źdźble. Najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia potasem i wykorzystanie tego składnika z nawozów uzyskano w przypadku roślin kontrolnych. Dawka 1 g K na wazon zapewniła najwyższą efektywność fizjologiczną nawożenia i najwyższe wykorzystanie potasu z nawozów.

**POTASSIUM MANAGEMENT OF SPRING WHEAT IN RELATION TO PLANT GROWTH
REGULATORS AND FERTILIZATION LEVEL OF THE NUTRIENT**

Key words: spring wheat, potassium, mineral management, plant growth regulators.

Abstract

Kinetin and auxine increased, while gibberellin reduced potassium content in grain and vegetative organs of spring wheat. Increasing potassium doses only slightly modified potassium contents and accumulation in grain, although they significantly raised the K content and accumulation in vegetative organs, especially in stems. The highest physiological effectiveness of potassium fertilization and potassium utilization from fertilizers was gained in the case of control plants. the dose of 1 g K per pot guaranteed the highest physiological effectiveness of fertilization and the highest potassium utilization from fertilizers.