

EFFECT OF VARIED FERTILIZATION WITH SULFUR ON SELECTED SPRING BARLEY YIELD STRUCTURE COMPONENTS

WPLÝW ZRÓŹNICOWANEGO NAWOŹENIA SIARKĄ NA WYBRANE ELEMENTY STRUKTURY PŁONU JĘCZMIENIA JAREGO

BARCZAK Bożena, MAJCHERCZAK Edward

Department of Agricultural Chemistry, University of Technology and Life Sciences
5 Seminaryjna Str., 85-326 Bydgoszcz, Poland, e-mail: barczak@utp.edu.pl

Manuscript received: September 17, 2008; Reviewed: February 9, 2009; Accepted for publication: February 12, 2009

ABSTRACT

The research, carried out over 2004-2007, investigated spring barley, Antek cultivar, grown in a strict field experiment. The aim of the present research was to determine the effect of sulfur fertilization on the spring barley grain yield and the most essential yielding components. The first experimental factor represented the sulfur application method (n=2: foliar and soil fertilization), while the second one – by the sulfur form (n=2: ionic and elementary), and the third one – sulfur dose (n=4: in kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

As demonstrated by the present research, the weather pattern over the vegetation period showed a considerably greater effect on determining spring barley yielding components than the factors considered in the experiment. The differences between the mean values of the number of grains per spike, thousand seed grain and the number of spikes per 1 m² in extreme years were much greater than respective differences caused by the sulfur activity. The sulfur application method had a significant effect on the number of grain per spike and thousand grain weight. It was shown that the soil application of sulfur generally enhances the values of those components more than the foliar application. The effect of the sulfur form used was significant only in the case of thousand grain weight; its ionic form made it possible to reach higher values of that component than the elementary form. Of all the factors researched in the field experiment, the spring barley grain yield structure components were most affected by the sulfur dose. The application of sulfur, in general, significantly increased the values of the components researched. Based on the analysis of correlation there was noted the strongest relationship between the spring barley grain yield and the spike density. The second strongest effect on the grain yield was demonstrated by the number of grains per spike. Sulfur fertilization did not change clearly the relationship between the yield and its structure components.

Key words: sulfur, spring barley, fertilization, yield components, grain yield

STRESZCZENIE

Badania prowadzono w latach 2004-2007 na jęczmieniu jarym odmiany Antek uprawianym w ścisłym doświadczeniu polowym. Pierwszy czynnik doświadczenia stanowił sposób aplikacji siarki (n=2: dolistnie i doglebowo), drugi - forma siarki (n=2: jonowa i elementarna), trzeci - dawka siarki (n=4: w kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

Wykazano, że przebieg pogody w okresie wegetacji wywierał znacznie większy wpływ na kształtowanie się komponentów plonu jęczmienia jarego niż uwzględnione w doświadczeniu czynniki. Różnice między średnimi wartościami liczby ziaren w kłosie, masy tysiąca ziaren i liczby kłosów na powierzchni 1 m² w skrajnych latach były znacznie większe niż odpowiednie różnice spowodowane działaniem siarki. Sposób aplikacji siarki wywierał istotny wpływ na kształtowanie liczby ziaren w kłosie oraz masy tysiąca ziaren. Przeprowadzone badania pozwoliły stwierdzić, że stosowanie doglebowe tego składnika z reguły wpływa korzystniej na wartości omawianych komponentów niż aplikacja dolistna. Działanie formy siarki okazało się istotne tylko w przypadku masy tysiąca ziaren – jej forma jonowa pozwalała osiągnąć wyższe wartości tego komponentu niż forma elementarna. Spośród badanych w doświadczeniu polowym czynników, najsilniej na kształtowanie elementów struktury plonu ziarna jęczmienia jarego oddziaływała dawka siarki. Zastosowanie tego składnika powodowało na ogół istotne podwyższenie wartości badanych komponentów. Na podstawie analizy korelacji wykazano najsilniejszą zależność pomiędzy plonem ziarna jęczmienia jarego a obsadą kłosów. W drugiej kolejności o plonie ziarna istotnie decydowała liczba ziaren w kłosie. Nawożenie siarką nie zmieniało w wyraźny sposób zależności między plonem a elementami jego struktury.

Słowa kluczowe: siarka, jęczmień jary, nawożenie, komponenty plonowania, plon ziarna

STRESZCZENIE ROZSZERZONE

Pierwiastkiem, którego rolę w ostatnich latach docenia się coraz bardziej, jest siarka. Przyczynia się do tego duża redukcja emisji SO₂ oraz ograniczenie zużycia nawozów zawierających ten składnik. Uważa się, że w Polsce ponad połowa gleb charakteryzuje niska zasobność w przyswajalne formy siarki. Celem podjętych badań było określenie roli nawożenia siarką w kształtowaniu zależności między plonem ziarna jęczmienia jarego a najważniejszymi komponentami plonowania. Badania prowadzono w latach 2004-2007 na jęczmieniu jarym odmiany Antek uprawianym w ścisłym doświadczeniu polowym zlokalizowanym w Stacji Badawczej Wydziału Rolniczego UTP w Wierzchucinku (woj. kujawsko-pomorskie). Doświadczenie założono w trzech powtórzeniach, metodą losowanych podbloków w układzie zależnym, na glebie płowej właściwej, klasy bonitacyjnej III b. Pierwszy czynnik doświadczenia stanowił sposób aplikacji siarki (n=2: dolistnie i doglebowo), drugi - forma siarki (n=2: jonowa i elementarna), trzeci - dawka siarki (n=4: w kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

Jak wykazały przeprowadzone badania, przebieg pogody w okresie wegetacji wywierał znacznie większy wpływ na kształtowanie się elementów struktury plonu jęczmienia jarego niż uwzględnione w doświadczeniu czynniki. Było to konsekwencją dużej zmienności układu warunków wilgotnościowo-termicznych w latach 2004-07. Różnice między średnimi wartościami liczby ziaren w kłosie, masy tysiąca ziaren i liczby kłosów na powierzchni 1 m² w skrajnych latach były znacznie większe niż odpowiednie różnice spowodowane

działaniem siarki. Sposób aplikacji siarki wywierał istotny wpływ na kształtowanie liczby ziaren w kłosie oraz masy tysiąca ziaren. Wykazano, że stosowanie doglebowe tego składnika z reguły wpływa korzystniej na wartości omawianych komponentów niż aplikacja dolistna. Działanie formy siarki okazało się istotne tylko w przypadku masy tysiąca ziaren – jej forma jonowa pozwalała osiągnąć wyższe wartości tego parametru niż forma elementarna. Spośród badanych w doświadczeniu polowym czynników, najsilniej na kształtowanie elementów struktury plonu ziarna jęczmienia jarego oddziaływała dawka siarki. Zastosowanie tego składnika powodowało na ogół istotne podwyższenie wartości badanych parametrów.

Analiza wartości współczynników korelacji wykazała, że decydującą rolę w kształtowaniu plonu ziarna jęczmienia jarego odgrywała obsada kłosów. W drugiej kolejności o plonie ziarna istotnie decydowała liczba ziaren w kłosie. Natomiast znacznie słabsza, z reguły ujemna, była zależność między plonem ziarna jęczmienia jarego a masą tysiąca ziaren. Nawożenie siarką nie zmieniało w wyraźny sposób zależności między plonem a elementami jego struktury.

MATERIAL AND METHODS

The present research was based on a strict field experiment carried out over 2004-2007 at the Experiment Station of the Faculty of Agriculture of the University of Technology and Life Sciences at Wierzchucinek, located in the Brda River catchment, on the south-eastern edge of the Krajeńskie Lakes (the Kujawy and Pomorze Province). The experiment was set up in three replications, with the randomized split-plot design, in Haplic Luvisol, formed

Table 1 Weather conditions during vegetation period
Tab. 1 Przebieg warunków pogodowych w latach prowadzenia badań

Years	Months						Sum of precipitation
	III	IV	V	VI	VII	VIII	
	Precipitation [mm]						
2004	35,8	32,1	54,4	39,6	53,5	138,7	354,1
2005	22,5	34,8	82,6	30,5	33,6	43,4	247,4
2006	27,4	77,0	59,9	21,8	24,2	129,0	339,3
2007	47,9	17,6	73,1	105,5	104,7	42,1	390,9
Mean	31,3	32,8	61,6	43,9	80,2	65,9	315,7
1996-2006	Temperature						
2004	2,9	7,5	11,3	14,7	16,4	17,9	11,8
2005	-0,4	7,4	12,2	14,9	19,4	16,3	11,6
2006	-1,5	7,1	12,5	16,8	22,4	16,6	12,3
2007	5,0	8,5	13,8	18,2	18,0	17,8	13,6
Mean	1,6	7,7	13,1	16,0	18,3	17,8	12,4
1996-2006							

Table 2 Number of grains per spike
Tab. 2 Liczba ziaren w kłosie jęczmienia jarego

dose S·ha ⁻¹	foliar			in soil			S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x
	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x			
2004									
0	16,69	16,86	16,78	17,06	16,44	16,75	16,88	16,65	16,77
20	17,38	17,10	17,24	16,69	17,86	17,28	17,04	17,48	17,26
40	15,67	16,56	16,12	17,69	17,73	17,71	16,68	17,15	16,92
60	16,74	16,73	16,74	18,12	17,80	17,96	17,43	17,27	17,35
x	16,62	16,81	16,72	17,39	17,46	17,43	17,01	17,14	17,08
LSD: I fac.- 0,661 II fac.- n.s. III fac.- 0,513 IxII - 1,060 IxIII- n.s. IIXIII-1,115 IxIIxIII- n.s.									
2005									
0	21,64	21,94	21,79	21,52	22,26	21,89	21,58	22,10	21,84
20	21,82	20,78	21,30	21,47	22,01	21,74	21,65	21,40	21,52
40	20,16	19,84	20,00	22,21	22,59	22,40	21,19	21,22	21,21
60	22,46	22,40	22,43	23,20	22,10	22,65	22,83	22,25	22,54
x	21,52	21,24	21,38	22,24	22,24	22,17	21,81	21,74	21,78
LSD: I fac. - 0,727 II fac. - n.s. III fac. - n.s. IxII - n.s. IxIII- n.s. IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2006									
0	20,92	19,24	20,08	20,15	20,27	20,21	20,54	19,76	20,16
20	20,26	21,30	20,78	20,50	20,90	20,70	20,38	21,10	20,74
40	21,04	20,67	20,86	20,80	20,88	20,84	20,92	20,78	20,85
60	21,44	20,80	21,12	20,63	21,84	21,24	21,04	21,32	21,18
x	20,92	20,50	20,71	20,52	20,97	20,75	20,72	20,74	20,73
LSD: I fac. - n.s. II fac. - n.s. III fac.- 0,787 IxII - n.s. IxIII- n.s. IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2007									
0	16,56	16,26	16,41	16,32	16,00	16,16	16,44	16,13	16,29
20	16,86	16,08	16,47	16,84	16,25	16,55	16,85	16,17	16,51
40	16,42	16,01	16,21	16,01	16,70	16,36	16,22	16,36	16,29
60	16,63	15,80	16,22	17,56	16,70	17,13	16,25	16,05	16,15
x	16,62	16,04	16,33	16,68	16,41	16,55	16,44	16,18	16,31
LSD: I fac. - n.s. II fac.- n.s. III fac. - n.s. IxII - n.s. IxIII- n.s. IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2004-07									
0	18,95	18,58	18,77	18,76	18,74	18,75	18,86	18,66	18,77
20	19,08	18,82	18,95	18,88	19,11	18,99	18,98	18,96	18,97
40	18,32	18,47	18,40	19,03	19,13	19,08	18,68	18,80	18,74
60	19,32	18,93	19,13	19,88	19,51	19,70	19,60	19,22	19,41
x	18,92	18,70	18,79	19,17	19,12	19,22	19,04	18,91	18,97
LSD: I fac.- 0,141 II fac.- n.s. III fac.- 0,509 IxII - 0,129 IxIII- n.s. IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									

from clay, of the composition of heavy loamy sand, representing the good rye soil complex, the IIIb soil quality valuation class. The soil reaction was slightly acid and an average richness in available forms of phosphorus, potassium and magnesium.

The field experiment included the following factors:

First order factor: sulfur application methods (n=2) (foliar or soil),

Second order factor – sulfur forms (n=2) (ionic form in a form of sodium sulfate (VI) or elementary form in a form of Siarkol Extra),

Third order factor – sulfur dose (n=4) (in kg S·ha⁻¹: 0, 20, 40 (20+20), 60 (20+20+20)).

The experiment involved the pre-sowing application of: nitrogen at the dose of 35 kg N·ha⁻¹ in a form of ammonium sulfate, phosphorus – at the dose of 70 kg P₂O₅·ha⁻¹ in a form of 40% triple superphosphate and potassium – at the dose of 80 kg K₂O·ha⁻¹ as 60% potassium salt. The second nitrogen dose (35 kg N·ha⁻¹) was applied as a topdressing at the shooting stage. The crop grown was 'Antek' spring barley. The forecrop of the spring barley for each of the research years was narrow-leaf lupin. The harvest plot area was 15 m².

Table 3 Thousand grain weight
Tab. 3 Masa 1000 ziaren dla jęczmienia jarego

dose S·ha ⁻¹	foliar			in soil			S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x
	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x			
2004									
0	56,71	56,07	56,39	55,41	57,03	56,22	56,06	56,55	56,31
20	58,83	56,37	57,60	54,41	57,01	55,71	56,62	56,69	56,66
40	57,77	56,45	57,11	55,90	58,67	57,29	56,84	57,56	57,20
60	57,72	56,06	56,89	56,55	60,00	58,28	57,14	58,03	57,59
x	57,76	56,24	57,00	55,57	58,18	56,88	56,88	56,67	56,94
LSD: I fac. - n. s. II fac. - n. s. III fac.- 1,015 IxII - n.s. IxIII- 1,450 IixIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2005									
0	48,90	49,00	48,95	48,40	49,35	48,88	48,65	49,18	48,92
20	48,20	50,35	49,28	49,40	50,85	50,13	48,80	50,60	49,70
40	48,90	50,20	49,55	49,75	49,90	49,83	49,33	50,05	49,69
60	47,93	47,90	47,92	49,60	50,55	50,08	48,77	49,23	49,00
x	48,48	49,36	48,92	49,29	50,16	49,73	48,89	49,76	49,33
LSD: I fac.- 1,187 II fac.- 0,766 III fac.- n. s IxII - 1,083 IxIII- 1,176 IixIII- n.s. IxIIxIII-n.s.									
2006									
0	54,79	55,35	55,07	55,73	55,05	55,39	55,26	55,20	55,23
20	56,00	55,00	55,50	54,75	56,45	55,60	55,38	55,73	55,56
40	55,55	56,10	55,83	55,65	56,80	56,23	55,60	56,45	56,03
60	56,90	56,20	56,55	54,85	56,15	55,50	55,88	56,18	56,03
x	55,81	55,66	55,74	55,25	56,11	55,68	55,53	55,89	55,71
LSD: I fac.- n. s. II fac. - n. s. III fac.-n.s. 0,749 IxII - n.s. IxIII - n.s. IixIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2007									
0	51,69	51,39	51,54	51,39	51,89	51,64	51,54	51,64	51,59
20	50,57	51,03	50,80	51,05	51,11	51,08	50,81	51,07	50,94
40	50,10	53,92	52,01	51,98	52,12	52,05	51,04	53,02	52,03
60	50,04	52,50	51,27	52,90	54,60	53,75	51,47	53,55	52,51
x	50,61	52,21	51,41	51,83	52,43	52,13	51,22	52,32	51,77
LSD: I fac.-0,204 II fac.-0,138 III fac.-0,143 IxII-0,186 IxIII- 0,202 IixIII-0,202 IxIIxIII- 0,286									
2004-07									
0	53,02	52,95	52,99	52,73	53,33	53,03	52,88	53,14	53,01
20	53,40	53,19	53,30	52,40	53,86	53,13	52,90	53,52	53,22
40	53,08	54,17	53,63	53,32	54,37	53,85	53,20	54,27	53,74
60	53,15	53,17	53,16	53,48	55,33	54,40	53,32	54,25	53,78
X	53,17	53,37	53,27	52,99	54,22	53,61	53,13	53,66	53,44
LSD: Icz.-n.s. II fac.-0,152 III fac.-0,565 IxII-0,215 IxIII- 0,234 IixIII-0,234 IxIIxIII-0,331									

The harvest was made at full maturity stage when the seed humidity was about 18%. The following were determined: spring barley grain yield, number of spikes per 1m² (spike density), number of grains per spike and thousand grain weight.

The area of the Experiment Station of the University of Technology and Life Sciences over 1996-2006 shows the average annual air temperature of 7.9°C and rainfall of 512 mm (data reported by the Agrimeteorology Sub-Department of the University of Technology and Life Sciences). The pattern of temperature conditions in respective research years did not differ considerably

from the multi-year means (Table 1). A definitely greater variation was recorded for rainfall. In 2005 the total rainfall was lower than the average by 68.3 mm (21.6%), and in 2007 – 75.2mm (23.8%) higher. The rainfall over spring-and-summer differed clearly in respective research years. Over 2005 and 2006 in May the rainfall was slightly higher or similar to the means of 1996-2006, while in June, especially in July each year, rainfall was considerably lower than the mean for this area. The low rainfall resulted in drought periods in the summer months of 2005 and 2006, which is conformed by the climatogram (Fig.1). One shall note that the semi-drought period in 2006 was more serious and took longer than in

Table 4 Number of spikes per 1m² (spike density)
 Tab. 4 Liczba kłosów jęczmienia jarego na powierzchni 1 m² (obsada kłosów)

dose S kg/ha	foliar			in soil			S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x
	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x	S _{elementary}	Na ₂ SO ₄	x			
2004									
0	576	569	573	566	578	572	571	574	573
20	598	579	589	579	589	584	589	584	587
40	588	578	583	597	599	598	593	589	591
60	612	570	591	581	604	593	597	587	592
x	594	574	584	581	593	587	588	584	586
LSD: I fac. - n.s. II fac. - n.s. III fac. - 14,2 IxII - n.s. IIxI- n.s. IxIII - n.s. 11,0 IIXIII - n.s. IxIIxIII- n.s.									
2005									
0	624	644	634	638	633	636	631	639	635
20	636	635	636	649	630	640	643	633	638
40	629	649	639	649	649	649	639	649	644
60	649	656	653	640	654	647	645	655	650
x	635	646	641	644	642	643	640	644	642
LSD: I fac. - n.s. II fac. - n.s. III fac. - 13,1 IxII - n.s. IIxI- n.s. IxII I- 9,4 IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2006									
0	564	555	560	567	569	568	566	562	564
20	576	578	577	555	564	560	566	571	569
40	589	584	587	568	578	573	579	581	580
60	570	576	573	579	571	575	575	574	575
x	575	573	573	567	571	569	571	572	572
LSD: I fac. - n.s. II fac. - n.s. III fac. - 9,6 IxII - n.s. IIxI- n.s. IxIII- n.s. IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2007									
0	535	529	532	539	528	534	537	529	533
20	564	539	552	549	532	541	557	536	547
40	546	544	545	559	549	554	553	547	550
60	539	525	532	550	539	545	545	532	539
x	546	534	540	549	537	543	548	536	542
LSD: I fac. - n.s. II fac. - 10,4 III fac. - n.s. IxII - n.s. IIxI- n.s. IxIII- 11,2 IIXIII- n.s. IxIIxIII- n.s.									
2004-07									
0	575	574	575	578	577	578	577	576	577
20	594	583	589	583	579	581	589	581	585
40	588	589	589	593	594	594	591	592	592
60	592	582	587	588	592	590	590	587	589
x	587	582	585	586	586	586	587	584	586
LSD: I fac. - n.i. II fac. - n.i. III fac. - 10,7 IxII - n.i. IIxI- n.i. IxIII- n.i. IIXIII- n.i. IxIIxIII- n.i.									

2005. In 2007, as the fourth research year, the dry April was followed by relatively high rainfall in mid-May. In June and July that year the rainfall was much higher than the multi-year standard; the difference in the total rainfall for these two months, as compared with the 1996-2006 mean was 86.1 mm (69.4%).

To evaluate the statistical significance of the effect of sulfur fertilization on the spring barley yield structure components, the analyses of variance, correlation and regression. The level of significance of the differences was determined with the confidence semi-intervals by Tukey at the probability of $p=0.95$.

RESULTS AND DISCUSSION

In the conditions of Polish agriculture, the crop yielding, and thus the values of yield structure components, are an effect of many external factors, of which the most important are weather conditions [1, 6]. The research years demonstrated a relatively high variation in the pattern of temperature and humidity conditions (Table 1), which was reflected in the pattern of the yield structure components and yielding. Based on the results obtained, one can state that the weather over the vegetation period had a considerably greater effect on the spring barley grain yield structure components than those considered

Table 5 Correlation coefficients between spring barley grain yield and yield components in years of studies
 Table 5 Współczynniki korelacji pomiędzy plonem ziarna i elementami jego struktury w latach prowadzenia badań

Years	Grain number in spike	1000 grain weight (g)	Ears number per 1 m ²
2004	0,440	0,502*	0,711*
2005	0,053	0,281	0,488*
2006	0,550*	0,490*	0,614*
2007	0,344	0,216	0,303

Table 6 Correlation coefficients between spring barley grain yield and yield components depending on S-fertilization
 Table 6 Współczynniki korelacji pomiędzy plonem ziarna i elementami jego struktury w zależności od nawożenia siarką

kg S·ha ⁻¹	Variable	Grain yield (t·ha ⁻¹)	Grain number in spike	1000 grain weight (g)	Ear number per 1 m ²
0	1	1	0,586*	-0,310	0,883*
	2		1	-0,411	0,534*
	3			1	-0,487
	4				1
20	1	1	0,507*	0,099	0,842*
	2		1	-0,177	0,664*
	3			1	-0,283
	4				1
40	1	1	0,495*	-0,099	0,926*
	2		1	-0,249	0,667*
	3			1	-0,374
	4				1
60	1	1	0,517*	-0,154	0,803*
	2		1	-0,709*	0,848*
	3			1	-0,398
	4				1
Mean	1	1	0,580*	-0,016	0,873*
	2			-0,493*	0,814*
	3			1	-0,410
	4				1

in the present experiment. The differences in the mean values of the grain per spike, thousand grain weight and the number of spikes per 1 m² in extreme years accounted for, respectively, 33.5, 15.4, 18.5% and were much higher than the corresponding differences caused by sulfur (Tables 2, 3, 4). It is noteworthy that the highest values of the number of grains per spike and the spike density was recorded in 2005, while the lowest values of the parameters were noted in 2007.

The factors researched in the present experiment generally had an inconsiderable effect on winter barley grain yield structure components. As for the number of grains per spike, there was demonstrated a significant effect of the sulfur application method and dose (Table 2). It was observed that the soil application of this nutrient generally has a more favorable effect on that component than the foliar application; the difference on average for four years accounted for 2.29%. The analysis of variance confirmed a significant effect of the sulfur application method also on the value of thousand grain weight for spring barley (Table 3). It is noteworthy that the factor researched showed a significant interaction with the other factors researched.

As for the second order factor, namely the sulfur form, its significant effect was conformed only in the case, see Table 3. Slightly higher values of this component were seen for the ionic form; the difference, as compared with the elementary form, was, on average for four years, 1.00%.

Of all the factors studied, the sulfur dose had the strongest effect on the spring barley grain yield structure components; in general, sulfur increased the values of all the components significantly. On average for four research years the differences between the dose of 60 kg S·ha⁻¹ and the control were, respectively, for the number of grains per spike – 3.41%, for thousand seed weight – 1.45%, and for the number of spikes per 1 m² – 2.08% (Tables 2, 3, 4). The interaction of the effect of the sulfur dose and its form and the application method on thousand grain weight is noteworthy. The present results partially coincide with the reports by Podleśna et al. [11] in which the fertilization of winter wheat with sulfur resulted in an increase in the spike density and, in general, a significant decrease in the thousand grain weight. Some contradiction to the present results is found in the reports by Świdorska-Ostapiak and Stankowski [15] which involved oats, demonstrating that the use of sulfur did not have a considerable effect on the oat yield structure components. No response to the sulfur fertilization must have been due to a sufficient sulfur supply to the plants.

The agrotechnical factors affect the crop yield by the direct effect on the yield structure components. The

analysis of the values of coefficients of correlation shows that the spring barley grain yield was most affected by the number of spikes per area unit. It was the yield component for which in three out of four research years the highest correlation with the grain yield was found (Table 5).

The fertilization with sulfur did not change the relationship between the yield and its structure components considerably (Table 6). The values of the coefficients of correlation calculated for each sulfur dose confirm that the grain yield (y) was mostly positively connected with the number of spikes per unit area (x). The coefficient of correlation between these parameters scored highest (r=0.926) for the dose of 40 kg S·ha⁻¹ for which the linear regression equation assumed the form of $y=0.0203x-6.3064$. The spring barley grain yield depended less significantly on the number of grains per spike, which shows slightly lower values of respective coefficients of correlation. For sulfur doses from 0 to 40 kg S·ha⁻¹ there were found lower values of correlation coefficients between the grain yield and the number of grains per spike, which suggests that the increase in the supply of plants with sulfur weakens that relationship. Much weaker and, in general, negative relationship was found for spring barley grain yield and thousand grain weight. The negative correlation between seed yielding and seed weight is reported by numerous authors [1, 6, 9, 10, 15].

Interestingly, significantly positive correlation found for each sulfur doses between the number of grains per spike and the spike density and a negative relationship between the grain number per spike and thousand grain weight, seen for each sulfur dose, however significant only for the dose of 60 kg S·ha⁻¹.

CONCLUSIONS

1. The weather over the vegetation period had a much greater effect on the spring barley grain structure components than sulfur fertilization.
2. Of all the factors studied, it was the sulfur dose which affected the spring barley grain yield most considerably.
3. The strongest dependence was recorded between the spring barley grain yield and the spike density, while the number of grains per spike affected the grain yield less strongly.

REFERENCES

- [1] Budzyński W., Jankowski K. Wpływ nawożenia siarką, magnezem i azotem na plonowanie i strukturę plonu lniani jarej i katanu abisyńskiego. Zesz. Prob.

Post. Nauk Roln. (1999) 468: 311-321.

[2] Eriksen J., Mortensen J. V. Effects of timing of sulphur application on yield, S-uptake and quality of barley. *Plant and Soil* (2002) 242: 283-289.

[3] Griffiths M. W., Kettlewell P. S. Hocking T. J. Effects of foliar-applied sulphur and nitrogen on grain growth, grain sulphur and nitrogen concentrations and yield of winter wheat. *J. of Agricult. Sci.* (1995) 125: 331-339.

[4] Haneklaus S., Bloem E., Schnug E. Sulphur in agroecosystems. *Fol. Univ. Agric. Stet.* (2000) *Agricult.*, 204, 81: 17-32.

[5] Jakubus M. Siarka w środowisku. *Wyd. AR Poznań* (2006) ss.49.

[6] Koziara W., Borówczak Kulczyki., Grześ S. Elementy struktury plonu jęczmienia jarego w zależności od deszczowania, nawożenia azotem i technologii uprawy, *Pam. Puł.* (1998) 112: 115-120.

[7] Motowicka-Terelak T. Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie *Bibl. Monitoringu Środ.*, PIOŚ, Warszawa, 1998.

[8] Noworolnik K. Wpływ odmian i dawki azotu na strukturę plonu i zawartość białka w ziarnie jęczmienia jarego, *Frag. Agron.* (2008) XXV, 1(97): 261-268.

[9] Noworolnik K., Leszczyńska D. Wpływ gęstości

i terminu siewu na wielkość i strukturę plonu ziarna odmian jęczmienia jarego, *Biul. IHAR* (2004) 231: 357-363.

[10] Panasiewicz K., Koziara W. Wpływ deszczowania, nawożenia azotem oraz stymulatorów odporności na plon i komponenty plonowania jęczmienia, *Rocz. AR* (2004) Poznań, CCCLXI: 13-25.

[11] Podleśna A., Cacak-Pietrzak G., Sowiński M. Reakcja pszenicy ozimej na nawożenie siarką w doświadczeniu polowym, *Naw. i naw.* (2003) 4(17): 169-179.

[12] Rudnicki F. 2000 Wyznaczanie wpływu poszczególnych elementów plonowania na różnice plonów między obiektami doświadczalnymi, *Frag. Agron.* XVII, 3(67): 53-65.

[13] Scott N. M., Dyson P. W., Ross J., Sharp S. The effect of sulphur on the yield and chemical composition of winter barley, *J. Agric. Sci. Camb.* (1984) 103: 699-702.

[14] Scherer H. Sulphur in crop production, *Europ. J. Agronomy* (2001) 14: 81-111.

[15] Świdarska-Ostapiak M., Stankowski S. Wpływ nawożenia azotem i siarką na plonowanie i komponenty plonu owsa nieoplewionego i oplewionego, *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.* (2002) 484: 711-717.