

水稻의 冷害에 대한 生理學的 研究

第1報 低水温下에서 硼素 및 磷酸施用이 水稻의 出穗 및 生理的 特性에 미치는 影響

趙 東 三 · 許 燁 *

Physiological Studies on Injuries of Cool Weather in Rice Plant

I. Effect of Heading Date and Physiological Characteristics of Boron and Phosphorus Application Under the Cold Water Temperature in Rice Plant

Cho, D. S. and H. Heu*

ABSTRACT

In order to investigate the effect of boron and phosphorus for reduction of cold injury of rice, this experiment was undertaken by pot trial. Two levels of phosphorus and 6 levels of boron were applied once at the three stages such as tillering, panicle formation and meiosis stage. Cold water was irrigated to maintain cool temperature ranging 15 to 18°C from panicle formation stage. It was shown a tendency that three to seven days of early heading were resulted by the 3, 5 and 10kg of boron application per 10 are. The ripening ratio and physiological root activity was rather slightly increased in the above boron levels.

緒 言

水稻가 低水温下에 놓이게 되면 于先 養分의 吸收阻害를 받게 되는데 特히 磷酸, 加里 및 窒素의 吸收量이 적어지기 쉽다.¹⁾

그러나 일단 高温으로 다시 轉換되면 窒素의 吸收는 急激히 旺盛해져서 窒素의 過多의 害를 받기 쉽다.⁵⁾ 그런데 其他 많은 元素는 窒素의 吸收樣相과 달라 氣温이 回復되어도 吸收가 늦어져서 體內에서는 不足狀態가 持續되어 生育障害를 받게 되는 경우가 적지 않다. 지금까지 우리나라에서 冷害防除對策으로서 이루어진 數多한 研究結果는 곧 農業技術에 反映되어 增

産에 寄與한바 크다고 하겠으나 微量元素中에서도 硼素施用에 依한 出穗促進效果를 가져온 研究는 極히 적은 實情이다.⁶⁾

著者²⁾는 硼素를 基肥로 施用한 試驗에서 硼素가 水稻의 出穗를 促進시키는 效果가 있음을 認定한 바 있어 冷害對策의 一環으로 冷水灌溉時의 障害型冷害와 遲延型冷害로 因한 出穗遲延을 防止할 수 있는 基礎資料를 얻고져 適正한 硼素의 施用量과 時期를 究明코져 試驗하였기 이에 그 結果를 報告한다.

本 研究는 農村振興廳 農業産學協同 研究基金으로 實施하였음을 밝혀두며 關係機關에게 感謝의 뜻을 表한다.

* 忠北大學校 農科大學.

* Department of Agronomy, Chungbuk National University, Cheongju 310. Korea.

材料 및 方法

本 試驗은 低溫下에서 磷酸 및 硼素의 施用량을 달 리하여 水稻의 出穗 및 登熟과 生理生態의 特性을 究明하여 冷害輕減策을 索出코져 다음과 같은 處理와 方法으로 實施하였다. 供試品種을 密陽 30 號로 하여 忠北大學校 實驗圃에서 人工低溫恒溫框을 만들어 地下水 揚水灌溉 System으로 處理하였다. $\frac{1}{1625}$ a Plastic pot에 Pot當 畚土壤을 18kg 넣었으며 Pot當 栽植苗數는 3株 3苗씩 40日 苗를 6月 3日에 移秧하였고, 肥料는 Pot當 基肥로 尿素 2.7g, 重過石 1.4g, 鹽化加里 2.1g씩 주었고 追肥로서 尿素 2.4g을 3回에 걸쳐 分施하였다. 試驗區의 構成은 主區로 磷酸을 2水準(10kg, 20kg/10a)으로 하여 全量 基肥로 施用하였으며 硼素處理時期를 細區로 하여 6月 22日(分蘖期), 7月 13日(幼穗形成期) 8月 5日(減數分裂期)에 處理하였고 細細區로 硼素量을 10a當 0, 3, 5, 10, 20, 30kg에 해당되는 硼素로 Pot當 0g, 0.18g, 0.31g, 0.62g, 1.24g, 1.85g씩 施用하여 細細區配置法 4 反覆으로 實施하였다. 低溫處理는 上記한 恒溫框에 15~18℃의 水温을 維持하기 위하여 地下水(15℃)를 7月 28日부터 9月 12日까

지 46日間 溢流灌溉하였다. 調査方法으로 Chlorophyll 定量은 上位完全展開葉을 10枚씩 採取하여 Ethyl alcohol로 加溫(80℃) 抽出하는 Osborn and Mccalla法⁷⁾에 依하여 Shimadzu製 UV-210-A型 Spectro photometer로 O.D 645 및 665를 求하였다. 光合成 能力의 測定은 硼素處理 7日後에 上位의 完全展開한 葉身의 中央部에서 떼어낸 葉片을 使用하여 Ishii等³⁾의 方法에 따랐다. 또 根의 生理的 活力의 測定은 α -Naphthylamine에 依한 酸化力을 山田等¹¹⁾의 方法으로 測定하였다.

試驗結果 및 考察

1. 生育狀況

分蘖期에 있어서 硼素處理 7日後의 生育狀況은 表 1에서와 같이 磷酸 10kg 및 20kg/10a 施用區(以下 磷酸 10, 20kg區라 稱함) 共히 硼素施用량이 많을 수록 草長은 짧아지는 傾向을 보였으나 莖數는 硼素施用량에 따라 一定한 傾向을 볼 수가 없었고 硼素 多量施用區에서는 處理後 3日부터 硼素過多로 因하여 葉色이 黃變되며 葉緣이 말리고 生育이 抑制되는 症狀을 볼 수가 있었다. 이와 같은 現象은 硼素過

Table 1. Effect of boron application on rice growth at the tillering stage.

Phosphorus Item Boron (kg/10a)	10kg/10a				20kg/10a			
	Plant height (cm)	Number of tiller	Percentage of leaf blade(%)	Discoloration	Plant height (cm)	Number of tiller	Percentage of leaf blade(%)	Discoloration
Control	55.2	9.9	30.9	None	51.0	9.9	32.2	None
3	57.5	9.7	30.5	None	53.2	8.3	26.9	None
5	56.2	9.3	28.2	More low	50.8	8.4	26.4	More low
10	50.8	8.6	27.3	Low	53.8	8.4	25.5	Low
20	50.8	11.9	23.4	Medium	49.2	8.4	25.0	Medium
30	46.5	7.8	21.1	High	48.0	9.1	28.9	High

量으로 惹起된 것으로 생각되며 一定濃度를 넘으면 作物生育에 有害作用을 한다는 報告^{9, 11)}와 같은 傾向이 있었으며 특히 葉身의 黃化 내지는 Chlorosis가 나타나는 原因은 硼素의 施用으로 一時的으로는 土壤이 中性 내지는 鹽基性으로 되어 鐵 및 Mn의 不溶化로 因하여 鐵 및 Mn의 缺乏에서 오는 現象이었다고 생각된다.

總乾物重에 대한 葉身重比率을 보더라도 硼素過多 施用區는 養分의 吸收阻害와 同時에 光合成作用에도 影響을 주었다고 본다. 高橋等⁸⁾에 依하면 土壤中에

硼素의 供給이 많으면 植物은 硼素의 過多吸收로 地上部에 集積되며 甚한 生育障害를 가져온다고 한 바와 같이 本 試驗에서도 生育各段階를 通하여 硼素 多量施用區는 上位葉 先端의 兩緣이 暗褐色으로 變하였고 점차 그 症狀이 더하여가면 葉先端部가 壞死하는 傾向을 보였다.²⁾

2. 生理的 特性

磷酸 및 硼素施用에 따른 葉身의 葉綠素 含量의 推移를 보기 위하여 硼素處理 7日後의 葉綠素 含量의

消長을 測定하였던 바 그림 1에서와 같이 磷酸水準間에는 傾向이 一定치 않았으나 分蘗期와 幼穗形成期에서는 硼素量이 5, 10kg區에서 높았으며 硼素施用량이 적거나 또는 過多한 處理에서는 낮은 傾向을 보였다. 한편 減數分裂期에서는 葉綠素 含量에 뚜렷한 傾向을 찾아볼 수가 없었다. 이와 같은 結果는 低溫下에서 適正量의 硼素施用이 糖의 移動을 促進하고 過多인 境遇에는 他無機成分들과 함께 葉綠素 生成 내지는 分解에 抑制的인 作用을 하고 있음을 示唆하여 주고 있다. 硼素 및 磷酸施用이 根活力에 미치는 影響은 그림 2에서 보는 바와 같이 磷酸多量區는 少量區보다 分蘗期 處理에서는 無處理區에 比하여 硼素를 3, 5, 10kg 施用한 區에서 높은 傾向이나 20, 30kg 區에서는 多少 떨어지는 結果를 보였으며 幼穗形成期 處理에서도 5kg 區에서 높았다.

이와 같은 結果는 磷酸濃도를 높임에 따라 葉身の 硼素 含量이 增加된다는 山内の 報告¹³⁾와 또한 培地에 硼素 添加量의 增加에 따라서 根에서는 IAA 酸化 酵素의 活性이 增加한다는 山内等¹²⁾, 廣⁴⁾ 등의 報告와 連關시킬 수 있을 것으로 생각된다. 光合成能力과

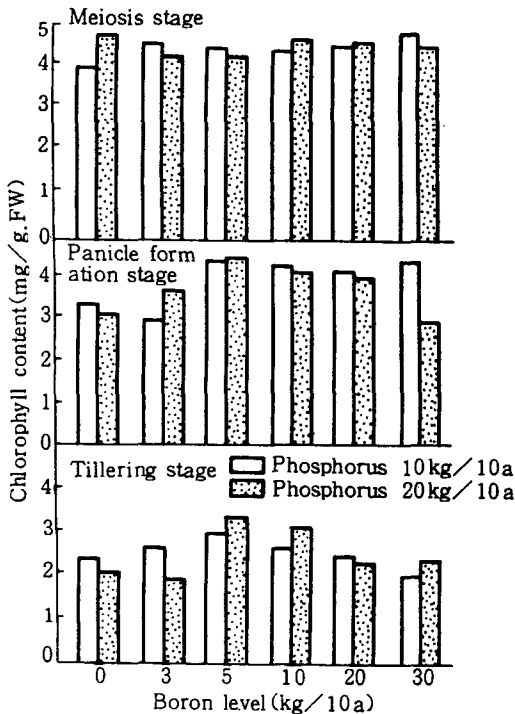


Fig. 1. Relationship between chlorophyll content and application amounts of phosphorus and boron.

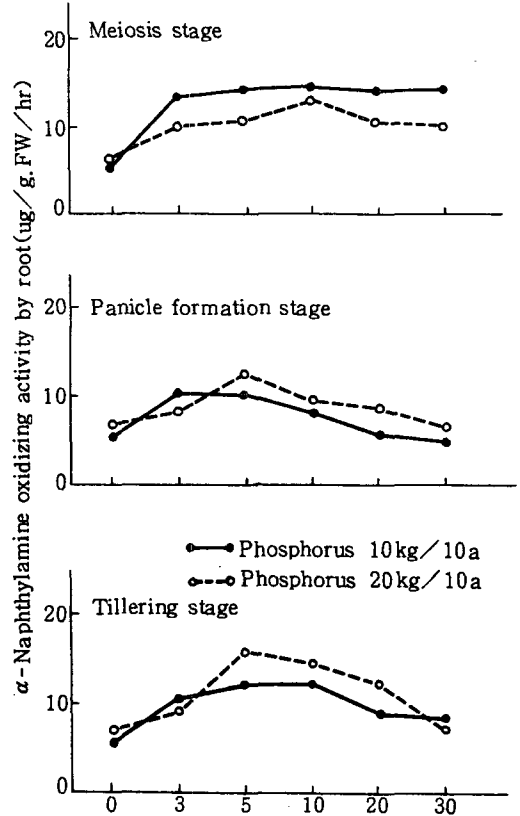


Fig. 2. Effects of boron and phosphorus application affecting to root activity of rice.

Table 2. Effect of phosphorus and boron on photosynthetic activity.

Treatment	Photosynthetic activity (μ mole O_2 /dm ² /hr)		
	Tillering stage	Panicle formation stage	Meiosis stage
B 0	323.7	235.2	296.3
B 3	275.3	281.0	305.9
B 5	360.2	258.1	245.4
P 10 B 10	390.0	307.4	187.3
B 20	412.9	380.8	292.5
B 30	435.9	355.6	225.6
B 0	466.9	229.4	162.5
B 3	493.3	292.5	172.1
B 5	481.8	227.1	147.2
P 20 B 10	331.7	212.2	133.8
B 20	292.5	266.3	187.3
B 30	378.6	263.8	286.7

P : Phosphorus (kg/10a), B : Boron (kg/10a).

Table 3. Influence of phosphorus and boron application on the date of heading and maturity of rice.

Item	Heading date			Duration of heading			Ripening percentage (%)			Accelerated days for heading		
	Treated stage	Panicle	Meiosis	Panicle	Meiosis	Panicle	Meiosis	Panicle	Meiosis	Tillering forma-	Meiosis	Meiosis
		Tillering forma- stage	tion stage	stage	tion stage	stage	tion stage	stage	tion stage	stage	stage	stage
	Aug.	Aug.	Aug.	(days)								
B 0	22	22	22	16	16	16	69.6	69.1	69.1	0	0	0
B 3	16	19	19	10	10	8	70.6	70.1	72.4	6	3	4
P 10 B 5	16	18	18	12	8	9	71.9	72.7	70.0	6	3	4
B10	15	18	18	9	10	8	72.1	71.8	70.3	7	3	4
B20	11	19	19	8	10	6	73.3	70.2	69.6	11	3	3
B30	9	20	20	5	12	9	68.1	64.0	62.2	13	2	2
	Aug.	Aug.	Aug.	(days)								
B 0	24	24	24	10	10	10	70.4	70.4	70.4	0	0	0
B 3	20	21	21	12	14	14	68.9	73.0	73.6	4	3	3
P 20 B 5	18	20	20	11	12	11	73.8	69.9	71.9	8	4	4
B10	15	20	20	11	11	11	72.7	71.1	70.8	7	6	4
B20	11	20	20	8	13	10	73.3	66.2	69.8	13	4	4
B30	12	20	20	9	12	10	63.3	58.4	60.9	12	4	4

P : Phosphorus, B : Boron (kg/10a).

硼素施用量과의 關係는 表 2에서 보는 바와 같이 一定한 傾向을 찾아볼 수 없었으며, 分蘖期에는 磷酸 10kg區에서는 無處理區에 比하여 硼素量이 많을수록 多少 높았으나 磷酸 20kg區에서는 그 傾向이 一定치 않았다.

幼穗形成期에서도 硼素 20kg, 30kg區에서 光合成能力이 높았다. 減數分裂期에는 磷酸 10kg 區에서 硼素 施用量이 많을수록 多少 낮아지는 편이었으나, 磷酸 20kg區에서는 硼素 20kg, 30kg區로 多量施用區에서 높은 結果를 보였다. 이와 같은 結果는 硼素施用으로 因하여 葉身中の 窒素含量과 葉綠素含量과의 連關이 있는 것으로 생각되나 葉綠素含量的 增大에 따른 光合成能力의 增大가 이루어지지 않는 것은 光合成能力이 強光下에서 測定되고 있기 때문에 明反應 要因인 葉綠素含量的 直接的인 影響은 나타나기 어려울 것이다.

3. 出穗 및 登熟

硼素의 施用量 및 時期가 出穗에 미치는 影響을 보면 表 3에서와 같이 分蘖期處理에서는 無處理區에 比하여 3, 5kg에서 6日, 10kg區에서는 7日의 出穗促進을 보았으며 20, 30kg區에서는 무려 11日~13日의 促進效果를 보였다. 이와 같은 結果는 硼素가 水稻體의 生理作用에 關與함으로써 生殖生長을 促

進시켜 幼穗形成이 促進되었기 때문이라고 생각된다. 한편 硼素의 處理時期가 幼穗形成期 以後일 때는 出穗까지에 이르는 期間이 짧음으로 促進效果도 적어져 出穗促進日數도 3~4日에 不過하였다. 이와 같은 結果는 硼素가 植物體內的 炭水化合物 및 糖의 移動을 促進시키며¹⁰⁾, 蛋白質의 合成 및 代謝와 IAA의 代謝에 關與하고 生長點 附近 組織의 物質代謝와 密接한 關係^{9, 12)}가 있는 것으로 보아 硼素가 以上의 發育을 促進시켜 出穗促進效果가 있었다고 생각된다. 그러나 磷酸水準에 따른 差異는 뚜렷하지 않았다. 이와 같은

Table 4. Comparison of L S D (Fertility)

Factor	L S D (5%)
Two levels of treat (boron, phosphorus)	0.64
Two levels of treating stage at the same level of phosphorus	0.91
Two levels of treating stage at the same level of boron	2.51
Two levels of boron	1.51
Two levels of boron at the same level of phosphorus	2.18
Two levels of phosphorus at the same level of boron	2.26

* Data were analyzed statistically after arcsin transformation.

出穂促進効果는 本試驗에서 期待하였던 바로서 日本型品種보다도 出穂適溫이 2~3℃ 높은 特性을 가진 Jap. × Ind. 遠緣交雜 新品種을 冷害常習地域에서보다 安全하게 栽培할 수 있는 可能性을 보여주고 있다. 또 登熟比率은 處理間에 差異를 보여 硼素施用量이 적은 區에서는 높아졌으나 硼素의 施用量이 많은 區에서는 低下되었다. 즉, 磷酸水準과 硼素處理時期에 關係없이 10a當 硼素를 3.5kg施用區에서 높아지는 傾向을 보였다.

摘 要

水稻의 冷害 輕減을 위하여 磷酸 및 硼素의 施用效果를 究明코져 磷酸을 10a當 10, 20kg, 硼素를 0, 3, 5, 10, 20, 30kg을 分蘗期, 幼穗形成期 및 減數分裂期에 施用하고 幼穗形成期 以後부터 15~18℃로 冷水處理한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 硼素의 施用量이 많아질수록 施用後 3日頃부터 葉色이 黃變하며 生育이 抑制되었으며 生育後期에는 葉色이 暗褐色으로 着色되고 葉先端의 兩緣이 말리며 枯死되었다. 한편 租粒의 先端部에도 暗褐色으로 着色되었다.

2. 葉綠素 含量은 分蘗期과 幼穗形成期에 10a當 5, 10kg의 硼素 施用區에서 높았으며 減數分裂期 處理에서는 一定한 傾向이 없었다.

3. 光合成能力과 硼素施用間에는 一定한 傾向이 없었으나 分蘗期 施用區에서는 硼素量이 많을수록 增加되었다. 한편 葉綠素 含量이 增加되어도 이에 比例하여 光合成能力은 別로 增大되지 않았다.

4. 根活力은 大體로 無處理區에 比하여 硼素處理區가 多少높았다. 特히 分蘗期에 10a當 3, 5, 10kg의 硼素處理區에서 높았다.

5. 硼素處理에 依한 出穂促進效果는 硼素의 施用時期가 빠를 수록 促進되는 傾向을 보였고 硼素水準間에는 無處理區에 比하여 硼素를 10a當 3, 5, 10kg 施用區에서 3~7日의 促進效果를 보였다.

6. 硼素處理는 登熟에 影響을 미쳐 磷酸水準 및 處理時期에 關係없이 硼素를 10a當 3, 5, 10kg 施用한

區에서 若干 높아졌다.

引 用 文 獻

1. 天野高久・森 良三郎(1977) 水稻の 障害型 冷害 におよぼす窒素ならびに有機質肥料の影響, 日育種, 作物學會 北海道 談話會報 17:5.
2. 趙東三(1971) 消石灰 및 硼素의 施用이 水稻의 收量 및 收量構成要素에 미치는 影響, 韓作誌 10:61-71.
3. Ishii, R., T. Yamagishi and Y. Murata. (1977) On a method for measuring photosynthesis and respiration of leaf silicles with an oxygen electrode, Japan. Jour. Crop Sci. 46:53-57.
4. 康榮熹・申榮五(1980) 植物營養學, 教育社 pp.493-504.
5. 農村振興廳 試驗局 譯(1964) The international rice research institute symposium on the mineral nutrition of the rice plant, (1):191-510.
6. _____ (1981) 水稻冷害實態分析及 綜合技術對策 pp.115-119.
7. Osborne, D.J. and D.R. Mccalla(1961) Rapid bioassay for kinetin and kinines using senescing leaf tissue, Plant physiology 36:219-221.
8. 高橋英一・田中 明(1969) 作物營養學, 朝倉書店 pp.138-162.
9. 田口亮平(1960) 作物生理學, 養賢堂, pp.202-210.
10. _____ (1971) 植物生理學大要, 養賢堂, pp.135.
11. 山田 登・太田保夫・中村 拓(1961) α-ナーメフルアミンによる水稻根の活力診斷, 農及園 36:1983-1985.
12. 山内益夫・辰己後見・稻益康秀(1975) 高等植物におけるホウ素の役割 第4報 インドール-3-酢酸酸化酵素活性およびエチレン生成におよぼすホウ素の影響, 日土肥誌 46(12):529-535.
13. _____ (1980) 高ホウ素濃度の培地におけるホウ素の吸収あるいは移動に及ぼす各種要素の影響, 日土肥誌 51(2):126-130.