

## 生育時期別過湿処理の差異が夏ソバの子実収量に及ぼす影響

杉本秀樹\*・佐藤亨  
(愛媛大学)

**要旨:** 近年、ソバは転換畑で栽培されることが多くなったが、その栽培上の問題点の一つに湿害がある。ポット栽培した普通ソバ品種キタワセソバを供試して1葉期、開花期および登熟期に、畝間に水が溜まった状態を想定した湿潤区（地下水位5～7 cm）、圃場に水が溜まった状態を想定した湛水区（地上水位2～3 cm）ならびに対照区を設け、処理日数を変えて土壌の過湿処理を行い、これらが収量、収量構成要素および茎の諸形質に及ぼす影響について調査した。処理による子実重の低下は、湿潤区、湛水区とも生育段階が早いほど、処理日数が長いほど著しかった。湿潤区においては、1葉期および開花期では3日以内、登熟期では6日以内の処理なら子実重の低下は10%以内にとどまった。一方、湛水区においては、1葉期では1日処理でも、開花期および登熟期では3日以上で子実収量は顕著に低下した。湿潤区、湛水区とも1葉期ならびに開花期における子実重の低下は粒数の減少に起因したが、これは植物体の矮小化、とくに分枝の発達不良、ならびに1分枝当たり開花数の不足による分枝開花数の減少が主因であった。湛水区・登熟期処理による子実重の低下は千粒重の低下に起因した。結実率は過湿条件下でも低下せず、減収要因にはならなかった。

**キーワード:** 子実収量, 湿害, 生育段階, 転換畑, 夏ソバ.

水田利用再編対策の実施以降、ソバが転換畑にも栽培されるようになった。近年のソバの作付け面積は畑地よりも転換畑の方が多く、1998年では転換畑が全体の68%である（農林水産省統計情報部 1999）。しかしながら、転換畑におけるソバ栽培は普通畑に比べて収量が低く、この主な原因は湿害であることが指摘されている（林 1999, 西牧 1983）。著者らは、水田の高度利用を目的に、西日本地域における夏ソバの栽培技術の確立を目指して研究を行っているが、ここでも湿害が問題になっている。すなわち、西日本地域における夏ソバの栽培期間は3月下旬から6月中旬であるが（杉本・佐藤 1999）、播種期前後の長雨や入梅時期が早かった場合は湿害を受けることがある（杉本ら 2000）。

ソバの湿害に関する西牧（1983）の報告によると、播種直後から3日間湛水すればほとんど発芽せず、着蕾期の1日湛水処理で子実重は40%低下したが、受精・結実期では子実重はほとんど低下しなかったとされている。また、竹前（1986）は、播種直後の湛水で発芽率が90%前後、3日間で1%、5日間では皆無となることや、播種後20日までの湛水処理では処理時期が早いほど湿害の程度が著しいことを明らかにした。しかし、ソバの湿害に関する研究例は少なく、湿害による減収機構も十分に解明されているとはいえず、西日本地域における夏ソバの湿害に関する報告もみあたらない。

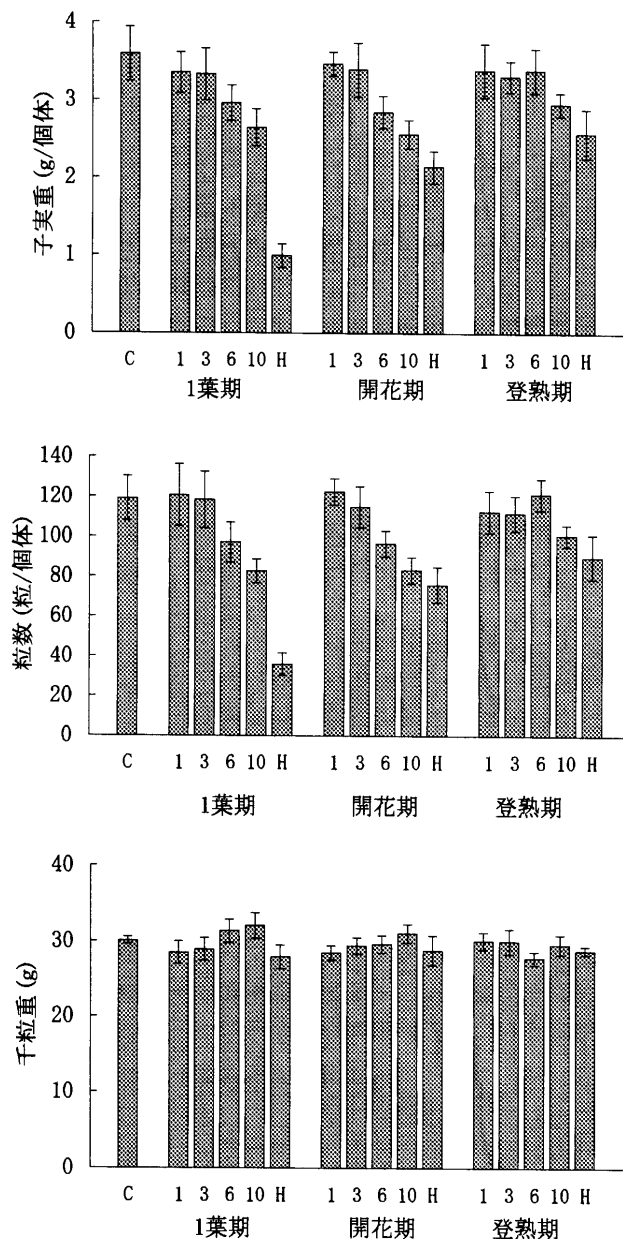
本研究は、夏ソバの生育段階と処理日数を変えて過湿処理を行い、収量ならびに収量構成要素に及ぼす影響を明らかにするとともに、湿害による減収機構について検討したものである。

### 材料と方法

普通ソバ (*Fagopyrum esculentum* Moench.) 品種キタワセソバを供試した。水田土壌を充填した直径、深さとも20 cm、容量5リットルのポットに窒素、リン酸、カリをそれぞれ0.3, 0.6, 0.6 g 施し、これに1994年4月14日に約15粒播種して、本葉展開後間引き3本仕立とした。出芽期は4月26日、開花始は5月14日、成熟期は6月7日であった。降雨の影響を避けるために、ポットは雨よけビニルハウス内に設置した。

土壌の過湿処理として、地下水位が5～7 cm となるようにポットを水槽につけた湿潤区、ポットの排水口をゴム栓で閉じて地上水位を2～3 cm とした湛水区を設けた。湿潤区は畝立て栽培において畝間に水が溜まった状態を、湛水区は圃場の一部あるいは全体に水が溜まった状態をそれぞれ想定したものである。過湿処理の開始時期は、第1本葉の展開時期に当たる出芽5日後から（1葉期処理）、開花始の出芽18日後から（開花期処理）、さらに開花最盛期の出芽31日後から（登熟期処理）である。処理日数は1, 3, 6, 10 日間で、湿潤区には収穫時まで継続した処理区も設けた。以上の処理区他に、対照区を設けた。処理区数は、過湿処理法、処理時期および処理日数の組み合わせならびに対照区を含め合計28である（第1, 2 図）。対照区および上記処理区の過湿処理期間以外は、土壌が乾燥しないように適宜灌水した。各区とも4ポットを準備し、各ポットから生育のそろった1～2個体、合計6個体を選んで以下の調査に供した。

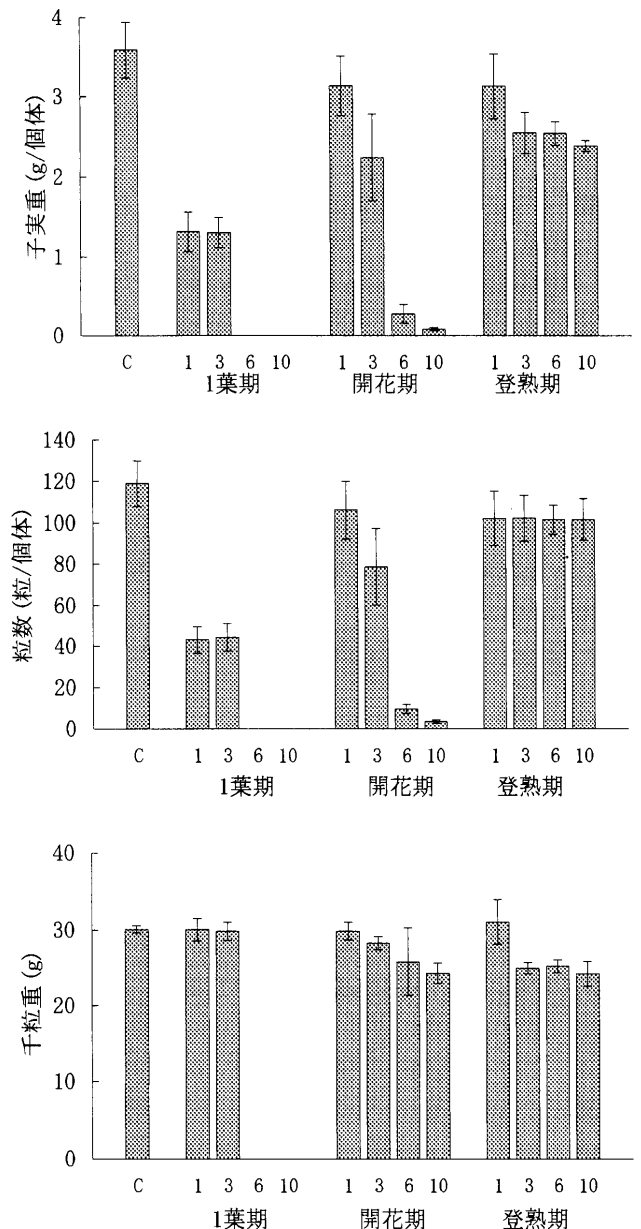
収穫は6月9日に行い、収量および収量構成要素を調べた。また、各生育段階とも湿潤区は6日間処理、湛水区は3日間処理について開花数、収量および収量構成要素を主



第1図 湿潤区（地下水位5～7 cm）における子実重，粒数および千粒重。

C：対照区。図中の数値は処理日数。H：収穫時までの処理。

図中の棒線は，標準誤差。



第2図 湛水区（地上水位2～3 cm）における子実重，粒数および千粒重。

C：対照区。図中の数値は処理日数。1葉期6日間および10日間処理は全個体枯死。

図中の棒線は，標準誤差。

茎と分枝に分けて調べた。開花数の調査は，開花始から収穫時まで2日毎に開花した花被の一部にフェルトペンで印を付けて行った。子実重と千粒重は，含水率15%に補正して示した。これらの処理区については，収穫時に草丈，茎重，主茎節数，一次分枝数を調査した。なお，1葉期，開花期および登熟期における湿潤区の6日間処理をAW6，BW6，CW6，湛水区の3日間処理をAF3，BF3，CF3とそれぞれ略記した。

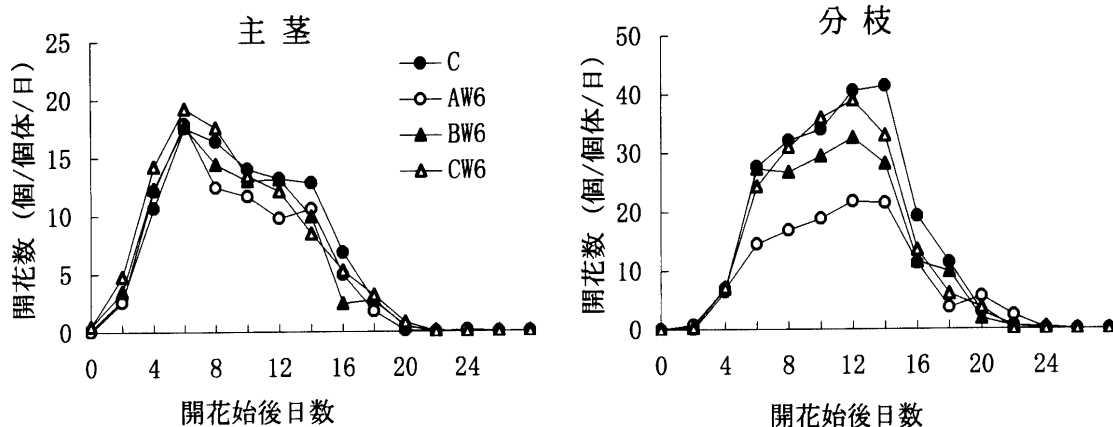
### 結果と考察

#### 1. 個体当たり収量および収量構成要素

第1図には，湿潤処理が子実重，粒数および千粒重に及

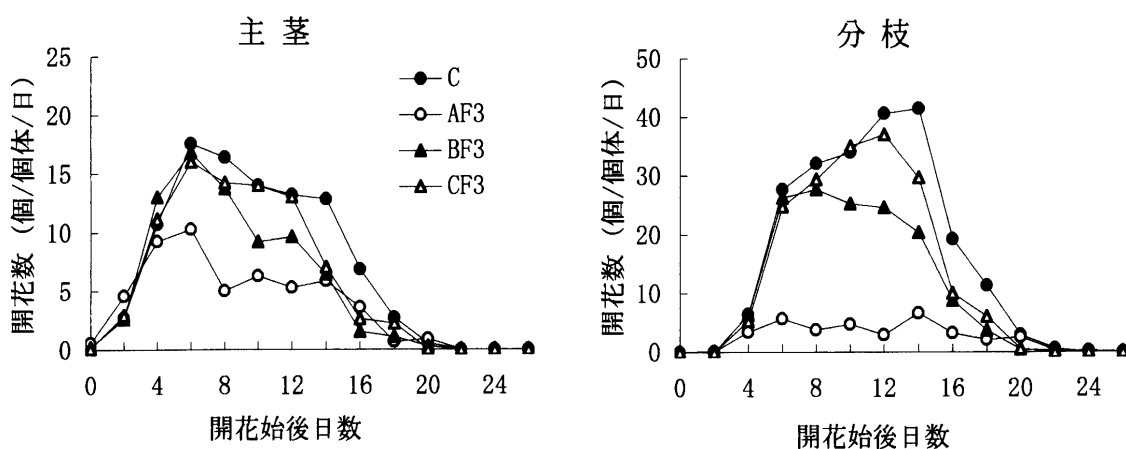
ぼす影響を示した。子実重は，1葉期および開花期においては1日および3日処理で対照区の約95%，6日処理で約80%，10日処理で約70%，登熟期になると，6日処理までは対照区の約95%，10日処理でも83%であった。また，収穫時まで処理を継続した場合は，生育段階が早いほどその影響が著しかった。収量構成要素をみると，粒数はいずれの生育段階においても子実重とほぼ同様の傾向を示し，千粒重には処理の影響はほとんどみられなかった。このことから，湿潤区における子実重の低下は粒数の減少が主要な原因であったことがわかる。

第2図には，湛水処理が子実重，粒数および千粒重に及ぼす影響を示した。子実重は，1葉期においてはわずか1



第3図 湿潤区における主茎、分枝別開花数の推移。

C: 対照区。AW6, BW6, CW6: 1葉期、開花期および登熟期における6日間の湿潤処理。



第4図 湛水区における主茎、分枝別開花数の推移。

C: 対照区。AF3, BF3, CF3: 1葉期、開花期および登熟期における3日間の湛水処理。

日の処理でも対照区の37%に激減し、6日以上処理では全個体が枯死した。開花期では、1日処理で対照区の87%、3日処理で62%、6日以上処理で10%以下となった。登熟期では、1日処理では対照区の87%、3日以上処理ではいずれも約70%となった。収量構成要素については、粒数は1葉期および開花期では子実重とほぼ同様の傾向を示したが、登熟期になるといずれも対照区の85%程度と、処理日数に関わらずほぼ一定の値を示した。千粒重は、1葉期では対照区とほとんど変わらなかったが、開花期では10日以上、登熟期では3日以上処理で約20%減少した。このように、湛水区における子実重の低下は、開花期までは主として粒数の減少に、登熟期では千粒重の低下に起因した。

## 2. 開花数の推移

子実重は、湿潤区、湛水区とも生育段階が早いほど、処理期間が長いほど低下程度が著しかった。子実重の低下は、湛水区における登熟期を除き粒数の減少によってほぼ説明されたことから、粒数の決定過程について検討する。粒数は開花数と結実率の積で決定されるが、第3図には湿潤区における6日間処理が主茎および分枝の開花数の推移

に及ぼす影響を示した。まず対照区の推移をみると、主茎における1日当たり開花数は開花始後6日目に最大値17.6に達し、その後は徐々に減少していった。一方、分枝では開花始後14日目に最大値41.4を示し、その後急激に減少した。各処理区の主茎および分枝の開花数は対照区とほぼ同様の推移を示したが、分枝では処理の影響は主茎より著しく、生育段階が早い処理ほど最大値が低くなった。

第4図には湛水区における3日間処理が主茎および分枝の開花数の推移に及ぼす影響を示した。主茎および分枝とも、生育段階が早いほど処理の影響が顕著にみられたが、その程度は分枝の方が主茎より著しかった。また、主茎ではいずれも開花始後6日目にピークがみられるなど、開花数の推移は対照区とほぼ等しかったが、分枝ではAF3区は開花数のピークがみられず、BF3区はピークが早くあらわれるなど、対照区とは異なる推移を示した。

## 3. 主茎・分枝別収量および収量構成要素

収量および収量構成要素に及ぼす過湿処理の影響を、主茎と分枝に分けて検討した(第1表)。開花数に対する過湿処理の影響は、主茎より分枝で著しかった。とくに、

第1表 土壌の過湿処理が主茎、分枝別収量および収量構成要素に及ぼす影響。

処理区	開花数 (個/個体)		結実率 (%)		粒数 (個/個体)		千粒重 (g)		子実重 (g/個体)	
	主茎	分枝	主茎	分枝	主茎	分枝	主茎	分枝	主茎	分枝
C	195.0	444.8	21.8	17.1	42.6	76.3	30.4	29.8	1.29 (100)	2.30 (100)
AW6	168.0	253.1*	26.8	20.5	45.1	52.0*	32.3	30.7	1.44 (112)	1.53* (67)
BW6	180.3	351.5	18.6	17.8	33.7	62.9	31.1	28.8	1.07 (83)	1.81 (79)
CW6	199.3	384.0	25.3	18.4	50.6	70.6	28.7	27.0	1.47 (114)	1.92 (84)
AF3	104.3*	70.8*	26.6	23.3	27.8*	16.5*	30.6	28.1	0.84* (65)	0.46* (20)
BF3	148.8	287.2*	19.4	17.4	28.9	50.0*	29.6	27.5	0.84* (65)	1.40* (61)
CF3	164.3	346.3	24.7	17.7	40.6	61.6	25.6*	24.3*	1.03 (80)	1.51* (66)
LSD (0.05)	59.2	177.7	n.s.	n.s.	14.6	23.6	3.83	3.62	0.43	0.76

処理区の略称は、第3, 4図参照。 結実率=粒数/開花数×100。

子実重のかっこ内の数値は、対照区に対する割合 (%)。

\*: 対照区に対して5%水準で有意。

第2表 土壌の過湿処理が収穫時における茎の諸形質に及ぼす影響。

処理区	草丈 (cm)	茎重 (g/個体)	主茎節数 (個/個体)	一次分枝数 (個/個体)	分枝当たり開花数 (個/分枝)
C	64.3	2.07	6.75	4.25	104.0
AW6	59.9	1.55*	6.50	3.13*	80.1
BW6	66.1	1.99	7.13	3.88	91.2
CW6	61.5	1.79	6.88	3.88	97.2
AF3	43.0*	0.59*	5.75	2.75*	24.6*
BF3	57.3	1.44*	6.86	3.86	72.8*
CF3	63.9	1.90	6.67	4.17	80.5
LSD (0.05)	7.80	0.48	n.s.	0.98	28.4

処理区の略称は、第3, 4図参照。

\*: 対照区に対して5%水準で有意。

AF3 区に分枝開花数は対照区の16%と著しく少なかった。結実率は、BW6 区と BF3 区の主茎を除けばいずれも対照区よりやや高かったが、主茎と分枝に対する処理の影響に一定の傾向は認められなかった。ソバの結実率は、長日による雌ずいの发育阻害 (菅原 1958)、天候不良時における訪花昆虫の活動低下 (生井 1979)、sink/source 比の増大や (杉本・佐藤 1999、氏原・俣野 1975) 天候不良による各花への光合成産物の供給不足 (杉本・佐藤 1999) によって低下するなど、環境条件や栽培条件の影響を受けやすく、これが減収の大きな要因になることが指摘されている。土壌過湿によっても結実率が低下し、これが減収要因になることが予想された。しかし、第1表でみたように過湿処理によって結実率が低下することはなかった。したがって、1葉期ならびに開花期処理による粒数の減少は、結実率の低下ではなく開花数の減少、ことに分枝における開花数の減少に大きく依存したといえる。

粒数に対する過湿処理の影響は、開花数と同様主茎より分枝において著しかった。千粒重に対する処理の影響も一般的に主茎より分枝で著しかった。その結果、両者の積で

ある子実重に対する過湿処理の影響は主茎より分枝において著しかった。

#### 4. 茎の諸形質

分枝における開花数の減少は、分枝数の減少など栄養成長の不足に起因することがある。そこで、茎の諸形質に及ぼす過湿処理の影響を第2表に示した。草丈、茎重、一次分枝数とも生育段階が早いほど処理の影響が大きかった。さらに、1分枝当たり開花数も生育段階が早いほど処理の影響が大きかった。したがって、分枝における開花数の減少は、分枝の発達不良だけでなく、1分枝当たり開花数の不足にも起因した。なお、主茎節数への処理の影響は比較的少なかった。

以上より、湿潤区、湛水区とも1葉期ならびに開花期処理による子実重の低下は粒数の減少に起因したが、この粒数の減少は植物体の矮小化、とくに分枝の発達不良、ならびに1分枝当たり開花数の不足による分枝開花数の減少が主要な原因であった。実際栽培においても、開花期間中の多雨による土壌過湿によって子実重が低下したが、これは

個体当たり粒数の減少に起因したこと（杉本ら 2000）、圃場において開花始から7日間畝間に水を溜めて過湿処理をした場合、分枝数が約25%減少したことを確認している（杉本 未発表）。また、本実験結果はダイズにおける生育初期・中期の窒素欠乏による子実重の低下が分枝の発達不良による分枝莢数の減少によってもたらされたとする報告（橋本 1971）とも合致している。一方、湛水区における登熟期処理による子実重の低下は千粒重の低下に基づくものであり、この千粒重の低下は、乾物生産の不足によってもたらされたと考えられる（杉本・佐藤 1999）。ダイズにおいても登熟期の土壌過湿による子実重の低下が、乾物生産の不足による粒重の低下に起因したことが明らかになっている（杉本ら 1988）。結実率については、過湿条件下でも低下することなく、これが減収要因になることはなかった。

本実験では倒伏や脱粒は認められなかったが、実際栽培においては湿害に遭遇したソバは倒伏したり、成熟期が早められて脱粒しやすくなることが考えられる。これらも大きな減収要因になろう。

過湿条件下の土壌では酸素分圧の低下、硫化水素のような有害物質の発生などによって作物の地下部は種々の障害をうける（山崎 1952）。杉本は（1994）ダイズにおいても本実験と同様の過湿処理を行ったところ、根と根粒の生育および呼吸速度に対する処理の影響は、湿潤区では比較的少なかったが、湛水区では著しく、枯死・脱落した根や根粒が多かったことを報告している。ソバについても今後検討したい。

本実験はポット試験の段階であるが、畝間に水が溜まった状態を想定した地下水位5~7 cm程度の土壌過湿では、開花初期までは3日以内、登熟期では6日以内なら減収率が10%以内にとどまったことから、実際栽培においても湿害対策としての畝立て栽培の有効性を示すものといえよう。また、生育初期段階では地上水位が2~3 cm程度の

湛水状態に1日でもさらされると顕著に減収したので、このような場合はまき直しなどの措置を講ずることが必要となろう。

**謝辞**：本実験を行うに当たり、本学学生定岡園君に協力いただいた。また、本報告をとりまとめるに当たり、愛媛大学教授熊井清雄博士には有益な助言および懇切な校閲をいただいた。記して感謝の意を表します。

## 引用文献

- 橋本鋼二 1971. 大豆の生育時期別発達に対する肥料ならびに固定窒素の意義. 北海道農試彙報 99: 17-29.
- 林久喜 1999. 日本におけるソバ品種の現状とカナダのソバ育種. 農作業研究 34: 129-135.
- 生井兵治 1979. 作物の受粉生態学的研究. 3. ソバの結実に及ぼす訪花昆虫の飛来頻度. 育種 29(別1): 182-183.
- 西牧清 1983. ソバ栽培の現状と技術的課題. 農及園 58: 140-146.
- 農林水産省統計情報部 1999. 平成10年度耕地及び作付面積統計. (財) 農林統計協会, 東京. 50.
- 菅原金治郎 1958. そばの雌性不稔について. とくに雌蕊発育と日照時間との関係. 日作紀 26: 269-270.
- 杉本秀樹・雨宮昭・佐藤亨・竹之内篤 1988. 水田転換畑におけるダイズの過湿障害. 第1報 土壌の過湿処理が乾物生産と子実収量に及ぼす影響. 日作紀 57: 71-76.
- 杉本秀樹 1994. 水田転換畑におけるダイズの湿害に関する生理・生態学的研究. 愛媛大学農学部紀要 39: 75-134.
- 杉本秀樹・佐藤亨 1999. 西南暖地における夏ソバ栽培. 一播種期の違いが生育・収量に及ぼす影響一. 日作紀 68: 38-43.
- 杉本秀樹・黒野真伸・高野圭子・河野靖・佐藤亨 2000. 夏ソバに対する緑肥レンゲの有効性. 日作紀 69: 24-30.
- 竹前彬 1986. 秋ソバの省力安定多収栽培. 農及園 61: 1291-1296.
- 氏原暉男・俣野敏子 1975. ソバの着花, 受精・結実の特性. 一収量成立過程解析へのアプローチ. 農業技術 30: 406-408.
- 山崎伝 1952. 畑作物の湿害に関する土壌化学的並に植物生理学的研究. 農技研報 B1: 1-92.

**Effects of Excessive Soil Moisture at Different Growth Stages on Seed Yield of Summer Buckwheat**: Hideki SUGIMOTO\* and Tooru SATO (Coll. Agr., Ehime Univ., Matsuyama, 790-8566, Japan)

**Abstract**: At three developmental stages, i.e., the first leaf emergence, the flowering, and the ripening stages, (5, 18, and 31 days after emergence, respectively), buckwheat plants (*Fagopyrum esculentum* Moench. cv. Kitawasesoba, summer ecotype) grown in pots were exposed to excess moisture (water table of 5 to 7 cm below the soil surface) or flooding (water table of 2 to 3 cm above the soil surface) for various days, and seed yield and yield components were investigated. The earlier the developmental stage at the treatment and the longer the treatment, the severer the effects of excessive soil moisture on seed yield. When plants were treated with excess moisture at the first leaf emergence or the flowering stages for 3 days and at the ripening stage for 6 days, the seed yield decreased less than 10%. However, it decreased markedly when the treatment period was prolonged. When the plants were treated with flooding only for 1 day at the first leaf emergence stage and more than 3 days at the flowering or the ripening stages, seed yield decreased markedly. One of the main reasons for the decreasing seed yield caused by excess moisture and flooding at the first leaf emergence and the flowering stages was the shortage of the number of seeds due to the reduction in the number of flowers per branch. The decrease in seed yield caused by flooding at the flowering and the ripening stages for more than 10 and 3 days, respectively was also significantly correlated with the decrease in 1000-seed weight. Seed-setting ratio was not decreased by excessive soil moisture.

**Key words**: Drained paddy field, Excess moisture injury, Growth stage, Seed yield, Summer buckwheat.