水田転換畑での野菜生産における湿害防止技術の開発に関する研究

誌名	中国農業試験場研究報告
ISSN	09134239
著者名	荒木,陽一 村上,健二 井上,昭司 岩波,壽 山本,二美
発行元	農林水産省中国農業試験場
巻/号	21号
巻号補足	
掲載ページ	p. 41-58
発行年月	2000年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

中国農研報　21
41—58，(2000)

水田転換畑での野菜生産における湿害防止技術の開発に関する研究

荒木　陽一*・村上　健二・井上　昭司・岩波　　壽**・山本　二美***

Key words：upland state utilization of paddy field, sweet corn, spinach, garland chrysanthemum, excess moisture injury, rain shelter, root interceptive cloth, root respiration activity

目　　次

I　緒　言 …… 41
II　材料及び方法 …… 42
1　共通的な実験方法 …… 42
2　スイートコーン …… 42
3　ホウレンソウならびにシュンギク …… 43
4　根の酸素消費量 …… 43
III　結　果 …… 43
1　スイートコーン …… 43
2　ホウレンソウ …… 46
3　シュンギク …… 48
4　根の酸素消費量 …… 49
IV　考　察 …… 51
1　スイートコーン …… 52
2　ホウレンソウ …… 53
3　シュンギク …… 54
4　根の活性 …… 54
V　結　論 …… 55
VI　摘　要 …… 55
引用文献 …… 56
Summary …… 58

I　緒　　言

水田での野菜生産に関する研究は昭和35（1960）年頃から散見されるようになり，以後，米の生産調整にともなって水田での野菜生産が急増するにしたがい，多くの研究が行われるようになった．これらの報告をまとめると①地下水位と野菜の生育，収量に関する研究[1),11),12),16),18)]，②地下水位の変動と野菜の生育，収量に関する研究[22)]，③地下水位上昇機構の解明に関する研究[14),17),21)]，④地下水位調節による湿害防止技術に関する研究[8),10)]，等に整理される．しかし，地下水位ならびに地下水位の変動が野菜の品質に及ぼす影響，各種資材等を活用した積極的な湿害防止技術の開発に関する研究は少ない．

そこで，転換畑における高品質野菜の安定生産技術を確立するために，前報[4)]では地下水位調節装置を試作し，地下水位ならびに地下水位の変動が野菜の

（平成12年　7月17日受理）
畑地利用部
*　現　野菜・茶業試験場久留米支場
**　故人
***　千葉県農業試験場（依頼研究員）
本報告の一部は園芸学会平成９年度秋季大会において発表した．

生育ならびに品質に及ぼす影響を明らかにした．また，遮根シートの湿害防止効果を明らかにした．

本報告では，前報において湿害防止に有効であることが明らかになった遮根シートを含め，各種資材を活用した圃場条件下における湿害防止技術について，根系の異なるスイートコーン[19]，ホウレンソウ[9]ならびにシュンギク[20]を供試して検討した．また，湿害発生のメカニズムを探るために，湛水処理が根の酸素消費量に及ぼす影響を検討した．その結果いくつかの知見が得られたので，それらについて報告する．

II　材料及び方法

1　共通的な実験方法

1）転換畑の準備

中国農業試験場畑地利用部青野圃場（京都府綾部市）の1筆を試験に供試した．土壌は細粒褐色低地土で，1983年までは桑園として利用され，その後抜根して普通畑として利用されてきた．

1994年9月に畑状態で耕耘した後水取りを行った．9月1ヶ月かけて代かきを行った後，10月から翌年3月まで湛水状態で経過させて，土壌の還元化を図った．

2）試験区の設定

湿害防止のための資材等として，雨よけハウス（以下「雨よけ」という．），ポリマルチ（以下「マルチ」という．），遮根シート（以下「シート」という．）ならびに高畝を利用した．シートは水は通すが根の通過を阻害する性質を持つもので，T社製のポリエステルシートを供試した．

露地の平畝を対照区として高畝区，シート区を設け，それぞれにマルチの有無を設けた．さらに同様の処理区を雨よけ（間口5.4m×奥行23m）内にも設けた．

1995年4月3日に落水し，5月8日に雨よけを建てた．5月25日に露地ならびに雨よけ内とも，シート設置部分を除いて耕耘した．高畝区は平畝区より15cm高くし，シートは地表面に設置してその上に15cmの盛り土をした．各畝とも畝幅1.8m，床幅1.0m，長さ21mとした．各処理区の大きさは最小で畝幅1.8m，長さ10.5mとなり，反復無しとした．灌水は，播種あるいは移植直後を除き，露地は無灌水，雨よけはpF2.2を目安に5㎜灌水とした．また，圃場の周囲に深さ50cmの明渠を掘り，この明渠に用水を注入，あるいは排出することで地下水位を調節した．

3）供試作物と品種

供試作物として，側根性[19]のスイートコーン（品種ピーター445），直根性[9]のホウレンソウ（品種リード）ならびにひげ根性[20]のシュンギク（品種きわめ中葉）を用いた．スイートコーンは梅雨時，ホウレンソウとシュンギクは秋の長雨時の降雨と，それによる地下水位の上昇の影響を検討した．

2　スイートコーン

1）1995年

5月25日にバーク堆肥を2ｔ/10ａ，粒状炭酸苦土石灰を100kg/10ａ施用した．6月1日に肥料として硫安を窒素成分で10kg/10ａ，被覆燐硝酸加里（ロング100）を同30kg／10ａ施用したのち，マルチとして条間50cm，株間30cmには種穴のあいたスイートコーンマルチを設置した．6月8日に1穴3粒播種し，間引きを1週間後の6月15日と2週間後の6月22日に行って，最終的に1穴1株とした．連続した降雨のあった8月1日より5日間，元の地表面（シート敷設面）より5㎝下の位置まで湛水処理した．スイートコーンの腋芽は無除けつとし，雌穂は1株1果とした．絹糸抽出後20日経過した8月28日に収穫し，生育ならびに品質調査を行った．生育調査として草丈，葉長（最大葉と止め葉）ならびに葉色（最大葉と止め葉）を測定した．葉色は葉緑素計（ミノルタSPAD-502）で測定した．収量調査として一穂重と裸雌穂重を測定し，品質調査としてBrix％を屈折糖度計（アタゴデジタル糖度計）で測定した．

2）1996年

4月12日にバーク堆肥を2ｔ/10ａ，粒状炭酸苦土石灰を100kg/10ａ施用した．4月19日に肥料として燐硝安加里S604を窒素成分で15kg/10ａ，ロング100を同15kg／10ａ施用したのち，スイートコーンマルチを設置した．1996年度は1995年度と異なり，すべての処理区にマルチを行った．4月26日に1穴3粒播種し，播種後1週間目と2週間目に間引きを行って，最終的に1穴1株とした．梅雨期間中の6月21日から7月15日まで湛水処理した．7月17日に収穫して，生育ならびに品質調査を行った．調査には各処理区とも中央部の10株を供試した．

3　ホウレンソウならびにシュンギク

1）1995年

9月7日に苦土燐安系肥料タキホスカ555を窒素成分で15kg/10a施用した．9月14日に条間15cmで6条，株間15cmに穴の開いたホーリーシートマルチを張り，1穴3粒を播種した．播種後2週間目の9月28日と4週間目の10月12日に間引きを行い，最終的に1穴1株とした．

雨天の続いた10月15日より5日間シートの下5cmの位置まで湛水処理した．10月23日に収穫した後，生育調査を行った．生育調査では草丈，一株重，葉色を測定した．

2）1996年

市販の育苗用土を詰めた連結ペーパーポット（チェーンポット）に8月28日に播種した．9月2日に窒素成分で15kg/10a施肥した本圃に，9月9日に簡易移植機（ひっぱり君）を用いて定植した後，条間にポリオレフィン系マルチ（ペパロンルクサー）を展張した．

雨天の続いた10月1日から4日間湛水処理した．10月11日に収穫した後，生育ならびに品質調査を行った．生育調査には各処理区とも中央部の20株を供試した．また，品質調査には生育調査株の中から平均的な6株を選び，それを3株ずつ2組に分けて供試した．品質調査では糖，アスコルビン酸，硝酸ならびにシュウ酸含量を測定した．糖含量はF-キット酵素法，アスコルビン酸含量はヒドラジン法，硝酸ならびにシュウ酸含量はイオンクロマト法で測定した．

4　根の酸素消費量

直径10.5cmのポリポットに育苗用土を9分目まで充塡し，1995年9月19日にスイートコーン，ホウレンソウならびにシュンギクをそれぞれ1ポット当たり5粒播種した．その後適宜間引きを行い，最終的に1ポット2株とした．

試験区として通常の育苗管理を継続する対照区，育苗の途中に5日間湛水処理を行った後通常の育苗管理に戻す5日湛水区，育苗の途中に10日間連続して湛水処理を行う10日湛水区の3区を設けた．

湛水処理はポットを水の中に浸けることで行った．その際，ポット上部の土壌面と周囲の水面の差が5cmになるようにした．スイートコーンについては10月22日から，ホウレンソウについては10月21日から，シュンギクについては10月28日から，処理を開始した．

根の酸素消費量の測定は湛水処理開始日と10日間の湛水処理直後に行った．測定の前に生育調査を行い，根を洗い出した後直ちに呼吸量測定装置（O_2 UP TESTER TAITEC社）にセットし，2時間毎にビュレットの値を読みとった．恒温槽の温度は25℃とした．

III　結　　果

1　スイートコーン

1）1995年

試験期間中の土壌水分吸引圧（pF）の変化をFig. 1とFig. 2に示す．露地の場合，梅雨の前半の7月3日まではほぼ1週間毎の変動を繰り返したが，梅雨の後半の7月4日から7月22日までは連続した降

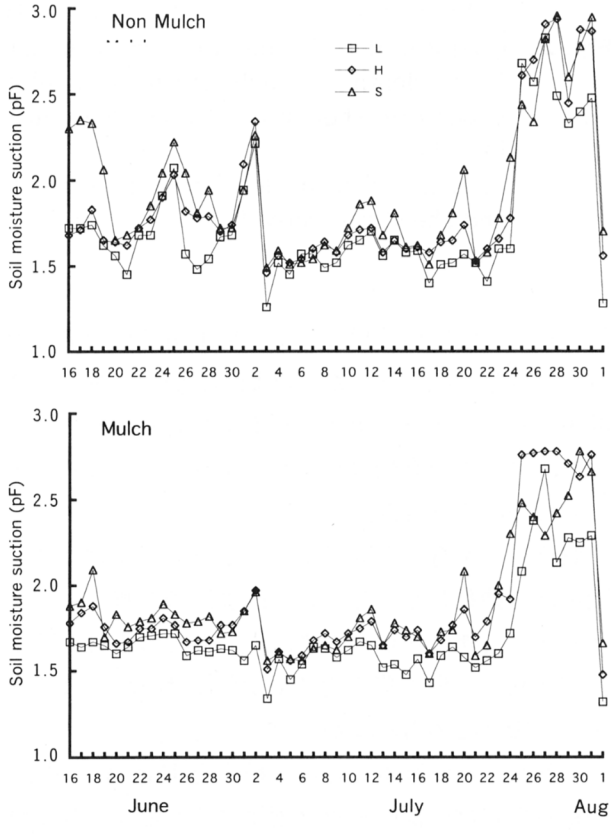


Fig. 1　Changes of soil moisture suction under 10cm depth in each experiment plot in open field from June to August in 1995. L, H and S mean level row, high ridge and root interceptive sheet, respectively.

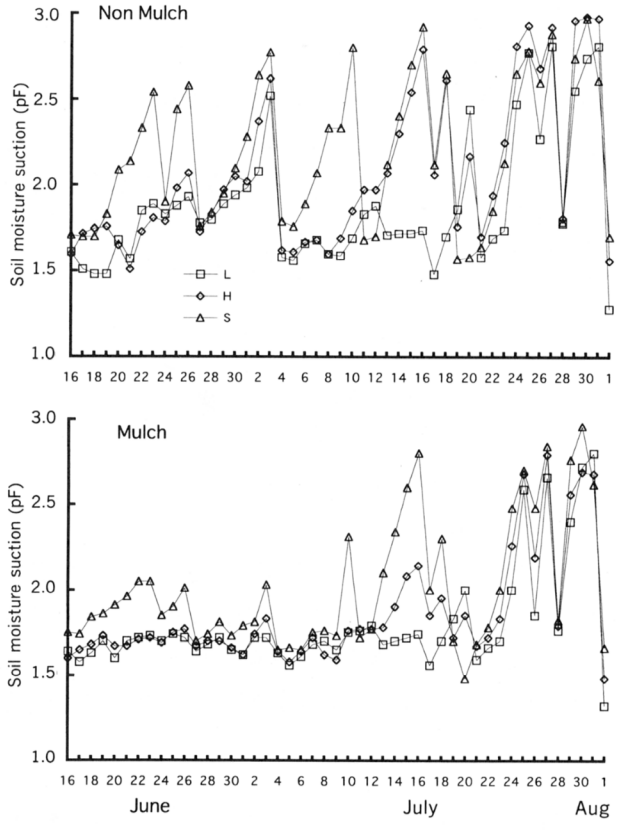


Fig. 2 Changes of soil moisture suction under 10cm depth in each experiment plot under rain shelter from June to August in 1995.
L, H and S mean level row, high ridge and sheet, respectively.

雨のために低い値で推移した．梅雨明け後の7月23日からは急激に上昇した．雨よけはpF2.2を目標に灌水したが，無マルチがマルチより高く推移した．また，マルチの有無にかかわらずシート＞高畝＞平畝の傾向がみられた．

収穫時の生育をFig. 3に示す．草丈は露地よりも雨よけで伸長した．しかし，雨よけの有無ならびにマルチの有無にかかわらず，シートでの生育が若干抑制された．最大葉の葉長や葉色には処理による一定の影響は認められなかった．

一穂重，裸雌穂重ならびに糖度をFig. 4に示す．一穂重ならびに裸雌穂重は雨よけの有無ならびにマルチの有無にかかわらず，シートで小さくなる傾向であった．糖度は雨よけの有無にかかわらず無マルチよりマルチで低い傾向であった．

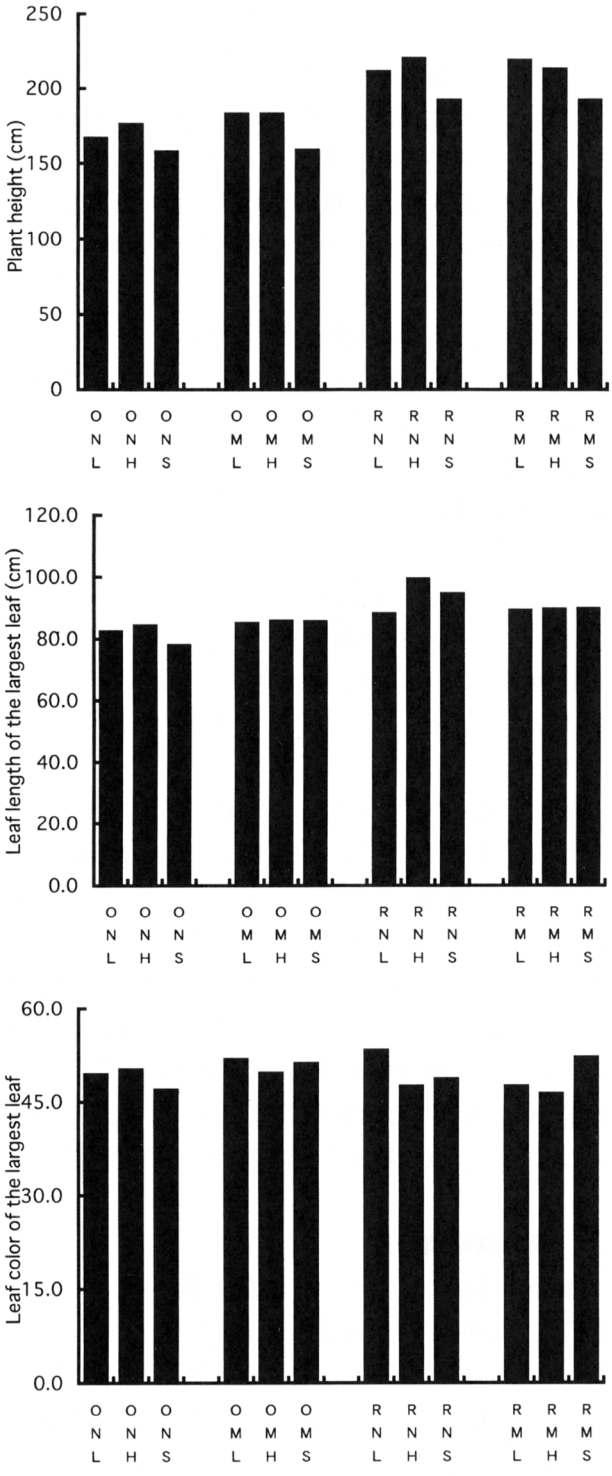


Fig. 3 Growth of sweet corn in each experiment plot in 1995.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
Leaf color was measured by chlorophyl meter Minolta SPAD-502.

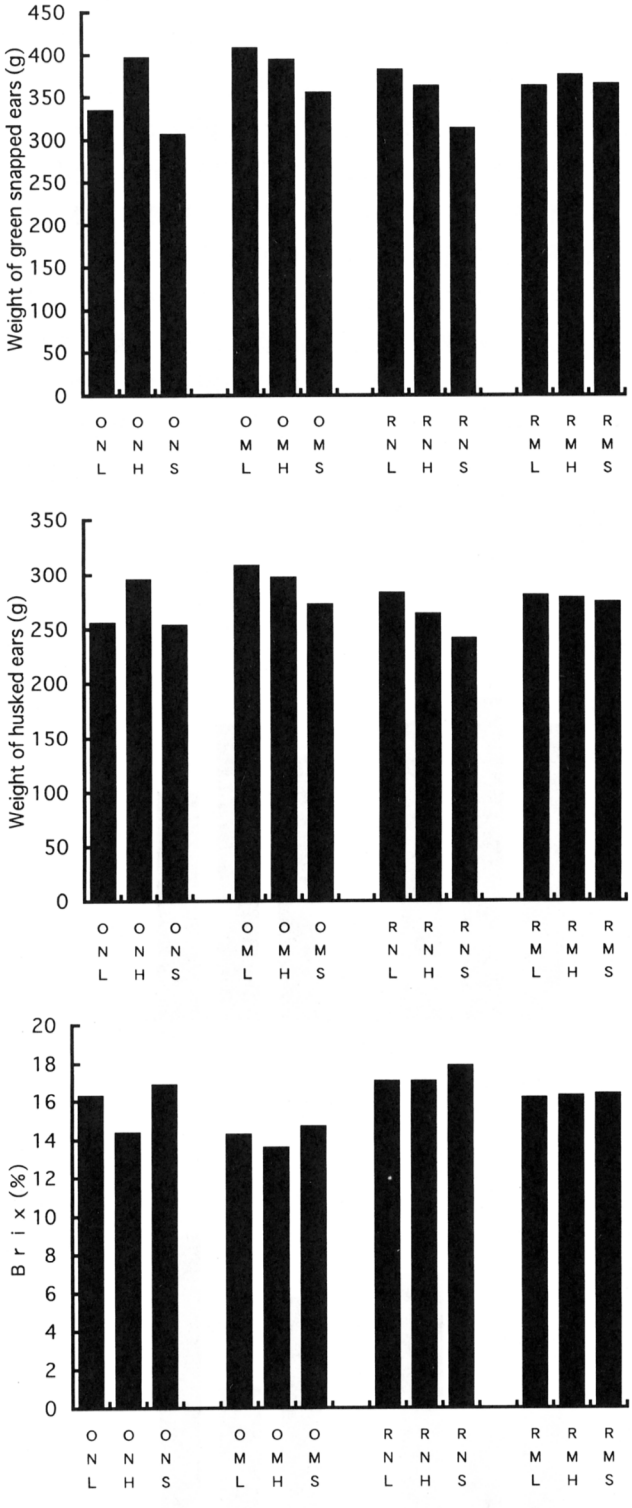


Fig. 4　Yield and brix of sweet corn in each experiment plot in 1995.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.

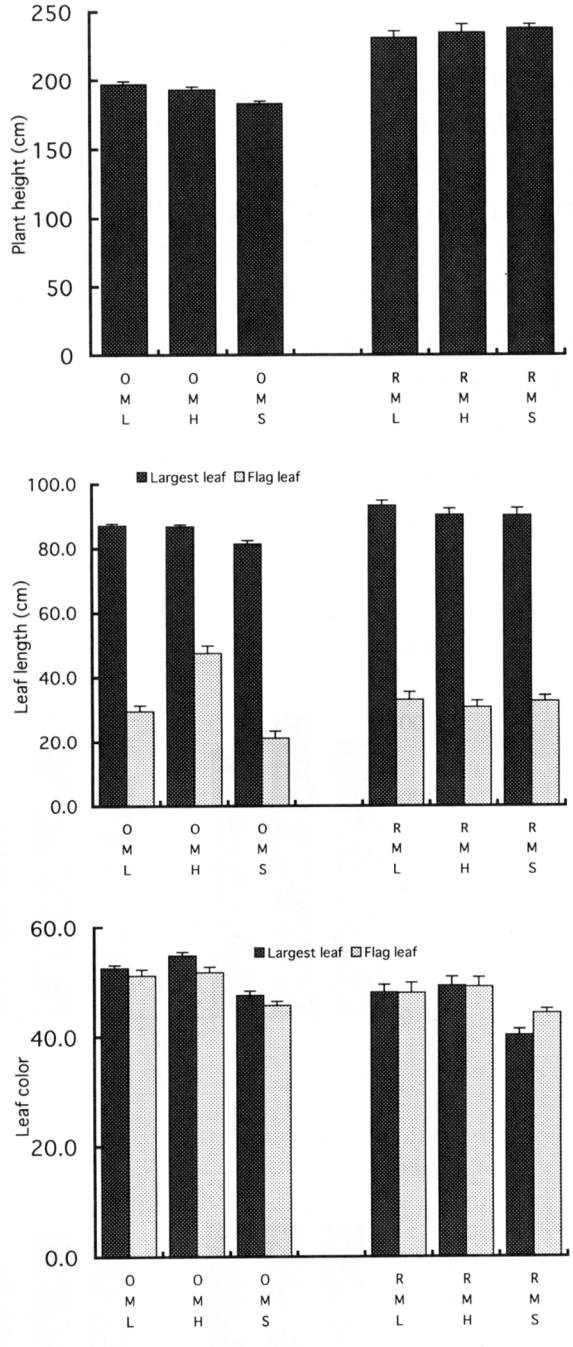


Fig. 5　Growth of sweet corn in each experiment plot in 1996.
O, R, M, L, H and S mean open field, rain shelter, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
⊤ represents standard error.

2）1996年

収穫時の生育をFig. 5に示す．草丈の伸長は露地よりも雨よけで促進された．最大葉長には処理の影響は認められなかった．葉緑素計示度は露地よりも雨よけで低かったが，雨よけの有無にかかわらずシ

ートで低い傾向であった．

収量をFig. 6に示す．一穂重ならびに裸雌穂重は露地よりも雨よけで減少し，畝高の影響としては雨よけの有無にかかわらずシート＜平畝＜高畝の順であった．裸雌穂長は露地よりも雨よけで抑制された．露地では畝高の影響はみられなかったが，雨よけではシートで若干短かった．先端不稔長は露地よりも雨よけで長く，畝高の影響としては雨よけの有無にかかわらず高畝＜平畝＜シートの順に長くなった．

果実の糖度をFig. 7に示す．雨よけの有無，畝高にかかわらずどの処理区とも17～18％で，処理による影響は認められなかった．

2　ホウレンソウ

1）1995年

栽培期間中のpFの変化をFig. 8とFig. 9に示す．露地の場合無灌水だったため，pF2.5近くまで上昇する処理区もあった．湛水期間中は平畝のpFが低く推移した．雨よけではpF2.2を目標に灌水したが，露地同様平畝のpFが低く推移した．

収穫時の生育をFig. 10に示す．露地の場合，葉長ならびに一株重とも平畝＜高畝＜シートの順であり，雨よけでもマルチの場合は同様の傾向であったが，無マルチの場合はシート＜高畝＜平畝と逆の傾向がみられた．葉色は露地の場合マルチの有無にかかわらず平畝が低かったが，雨よけでは処理間で大きな違いはみられなかった．

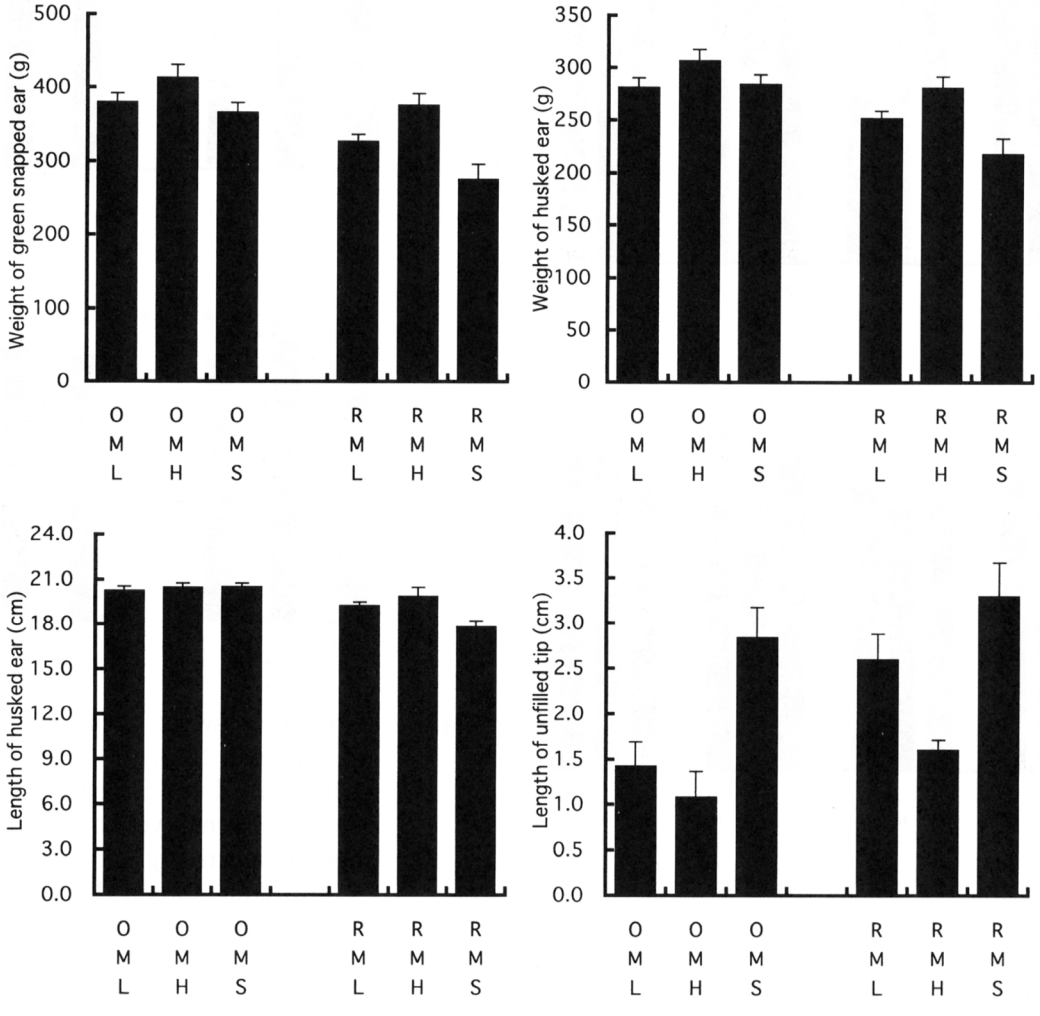


Fig. 6　Yield of sweet corn in each experiment plot in 1996.
O, R, M, L, H and S mean open field, rain shelter, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
⊤ represents standard error.

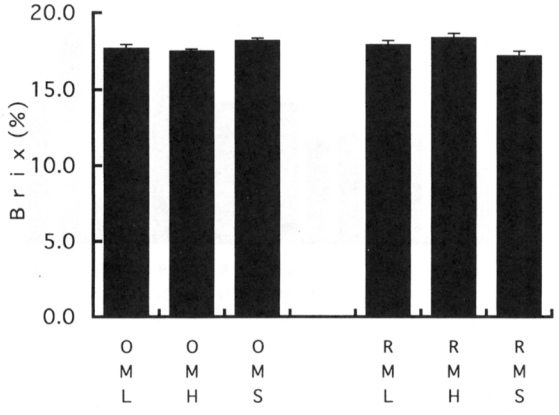


Fig. 7　Brix of sweet corn in each experiment plot.
O, R, M, L, H and S mean open field, rain shelter, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
⊤ represents standard error.

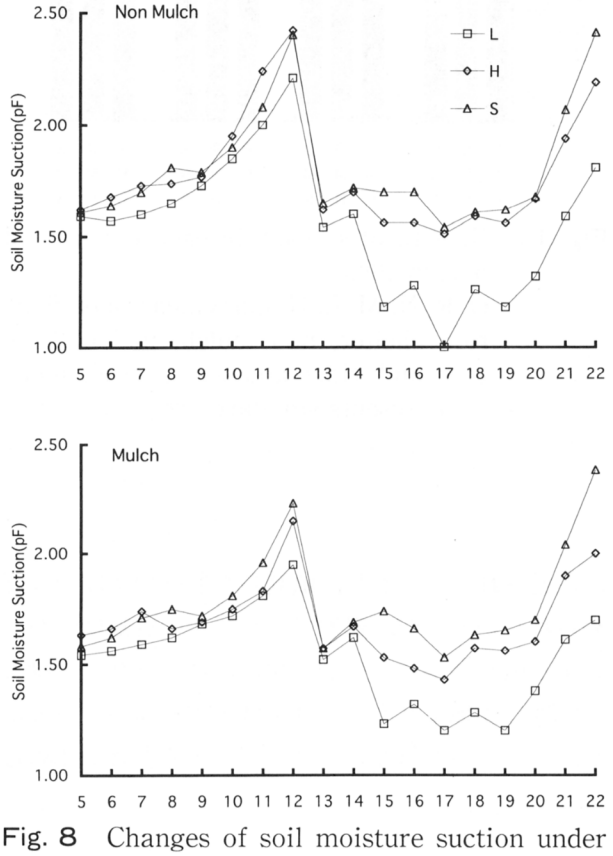


Fig. 8　Changes of soil moisture suction under 10cm depth in each experiment plot in open field during October in 1995.
L, H and S mean level row, high ridge and sheet, respectively.

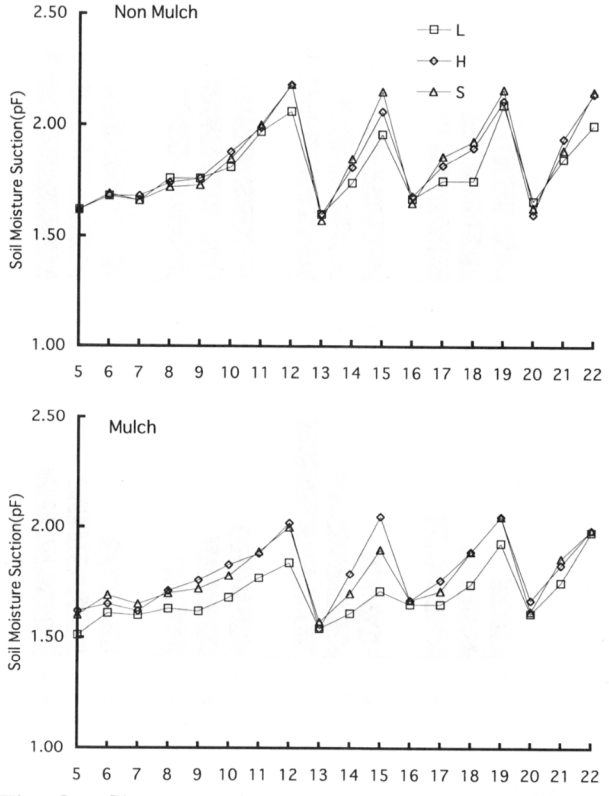


Fig. 9　Changes of soil moisture suction under 10cm depth in each experiment plot in rain shelter during October in 1995.
L, H and S mean level row, high ridge and sheet, respectively.

2）1996年

収穫時の生育を Fig. 11に示す．露地ではマルチの有無にかかわらずホウレンソウの生育はシート区が最も良かった．しかし，雨よけでは露地とは異なり，マルチの有無にかかわらず高畝の生育が最も促進された．

収穫時の内容成分を Fig. 12に示す．糖含量は露地よりも雨よけで減少した．また，雨よけの有無にかかわらず，無マルチよりマルチで減少した．さらに，雨よけの有無，マルチの有無にかかわらず，平畝＞高畝＞シートの順で減少した．アスコルビン酸含量も露地よりも雨よけで減少した．また，雨よけの有無にかかわらず，無マルチよりマルチで減少した．畝高との関係では，露地の場合マルチの有無にかかわらずシート区が減少し，雨よけの場合は高畝で減少した．

硝酸含量は露地ではほとんど含まれていなかったが，雨よけで大きく増加した．また，露地ではマル

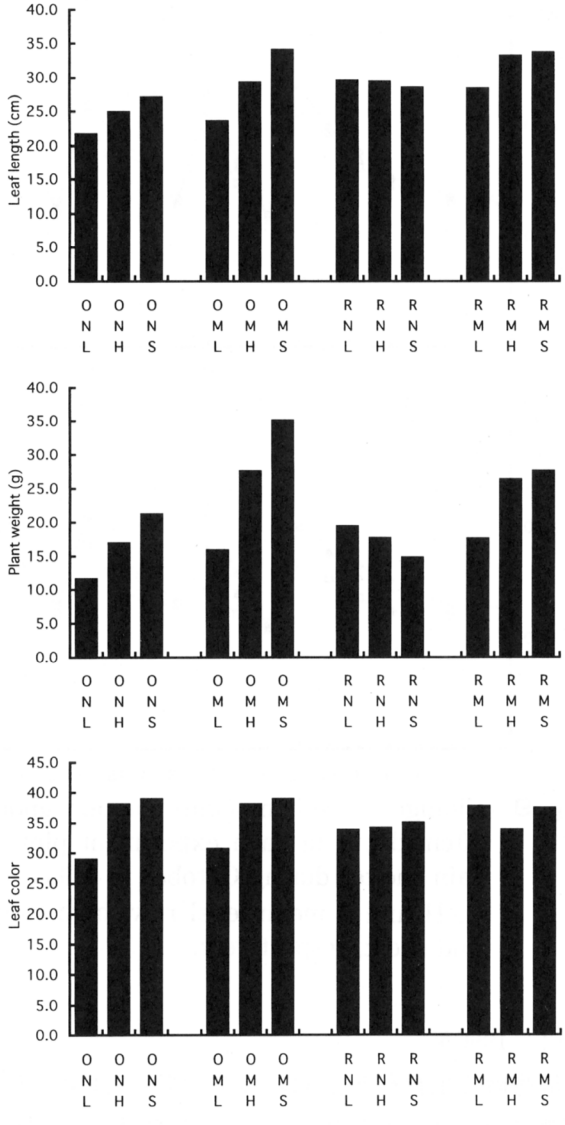


Fig. 10　Growth of spinach in each experiment plot in 1995.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.

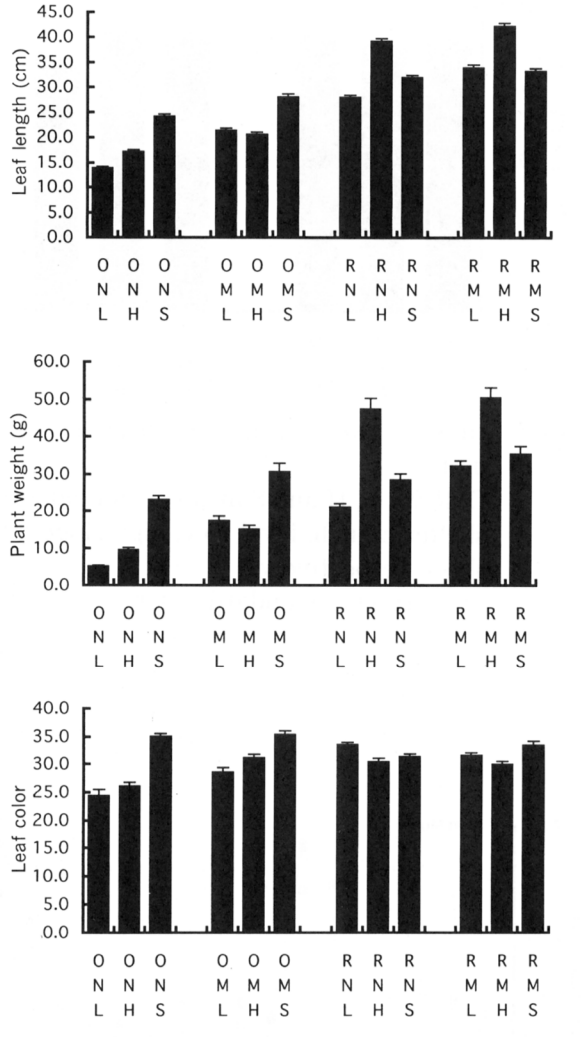


Fig. 11　Growth of spinach in each experiment plot in 1996.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
⊤ represents standard error.

チの有無にかかわらずシート区が多く，雨よけでは平畝で逆に少なかった．シュウ酸含量は雨よけの有無，マルチの有無，畝高による明確な影響は認められなかった．

3　シュンギク

1）1995年

収穫時の生育をFig. 13に示す．露地と雨よけの違いは明確ではなかったが，一株重からみると，雨よけの有無にかかわらず，無マルチよりマルチで生育が促進された．しかし，畝高の影響は雨よけでは認められなかったが，露地ではマルチの有無にかかわらず平畝＜高畝＜シートの順に促進された．葉緑素計示度は露地よりも雨よけで低下する傾向であったが，マルチの有無ならびに畝高による影響は認められなかった．

2）1996年

収穫時の生育をFig. 14に示す．露地よりも雨よけで生育が促進された．また，雨よけの有無にかかわらず，無マルチよりマルチで生育が促進された．し

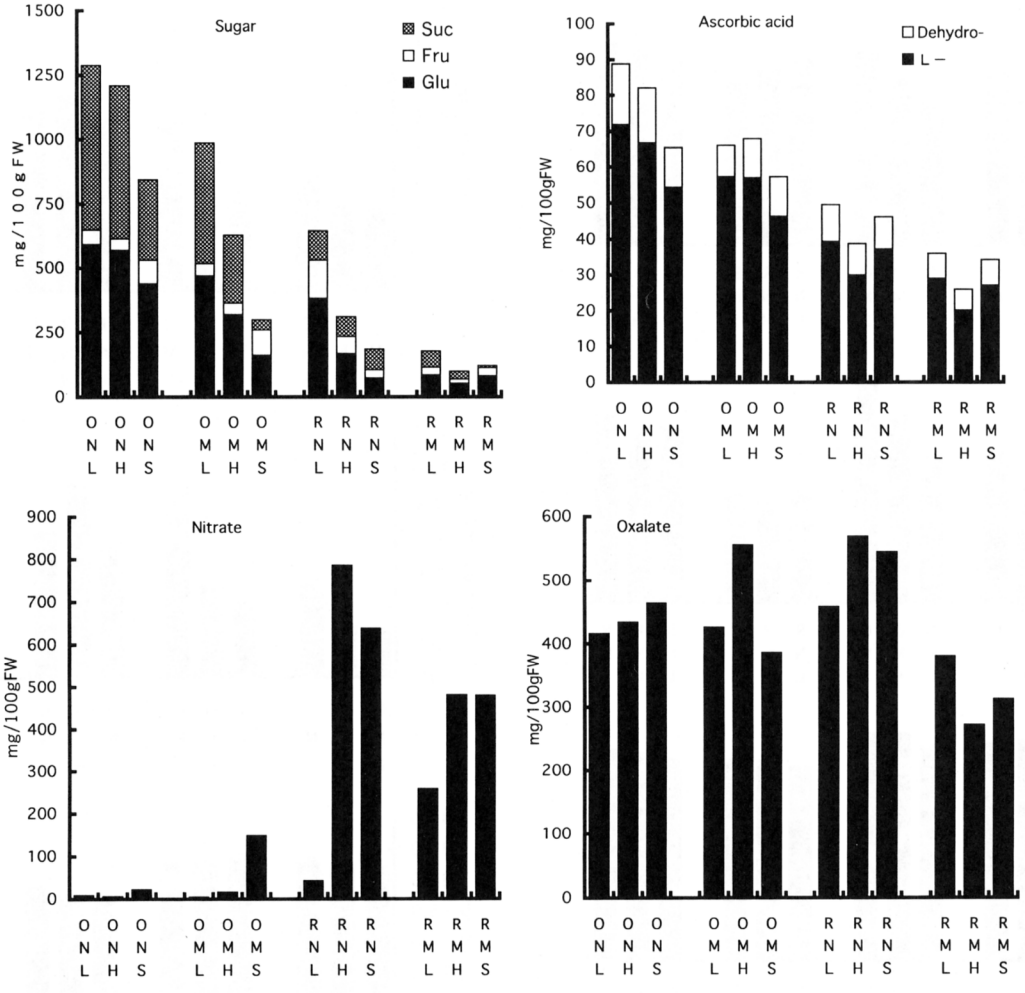


Fig. 12 Contents of sugar, ascorbic acid, nitlate and oxalate in spinach leaf in each experiment plot in 1996.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.

かし，露地ではマルチの有無にかかわらずシート区の生育が促進されたが，雨よけではマルチの有無にかかわらず高畝の生育が最も促進された．葉緑素計示度は前年度同様，畝高，マルチの有無にかかわらず，露地よりも雨よけで低下した．

収穫時の内容成分をFig. 15に示す．糖含量は露地よりも雨よけで減少した．また，雨よけの有無にかかわらず，無マルチよりマルチで減少した．畝高の影響は明確ではなかった．アスコルビン酸含量も露地より雨よけで，また，無マルチよりマルチで減少した．畝高との関係では露地の場合マルチの有無にかかわらず平畝＞高畝＞シートの順であったが，雨よけではシート≧平畝＞高畝の順であった．

硝酸含量は露地に対して雨よけで格段に多かった．露地ではマルチのシートで多かったが，雨よけでは無マルチの平畝で少なかった．シュウ酸含量は露地よりも雨よけで逆に減少したが，マルチの有無，畝高の影響はみられなかった．

4　根の酸素消費量

1）スイートコーン

湛水処理後の生育をTable 1に示す．湛水処理により新鮮重や乾物重などの生育は抑制されたが，湛水処理期間が異なっても生育の抑制程度はほぼ同じであった．

根の酸素消費量をFig. 16に示す．1株当たりの根の酸素消費量はいずれの処理区とも処理開始時と同程度で，湛水処理期間による違いも認められなかっ

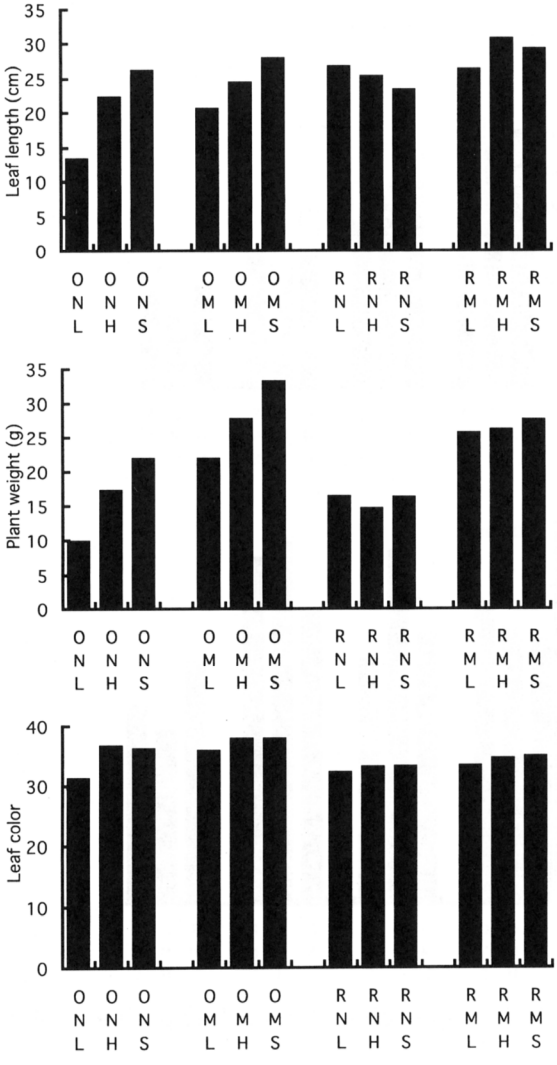


Fig. 13 Growth of garland chrysanthemum in each experiment plot in 1995.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.

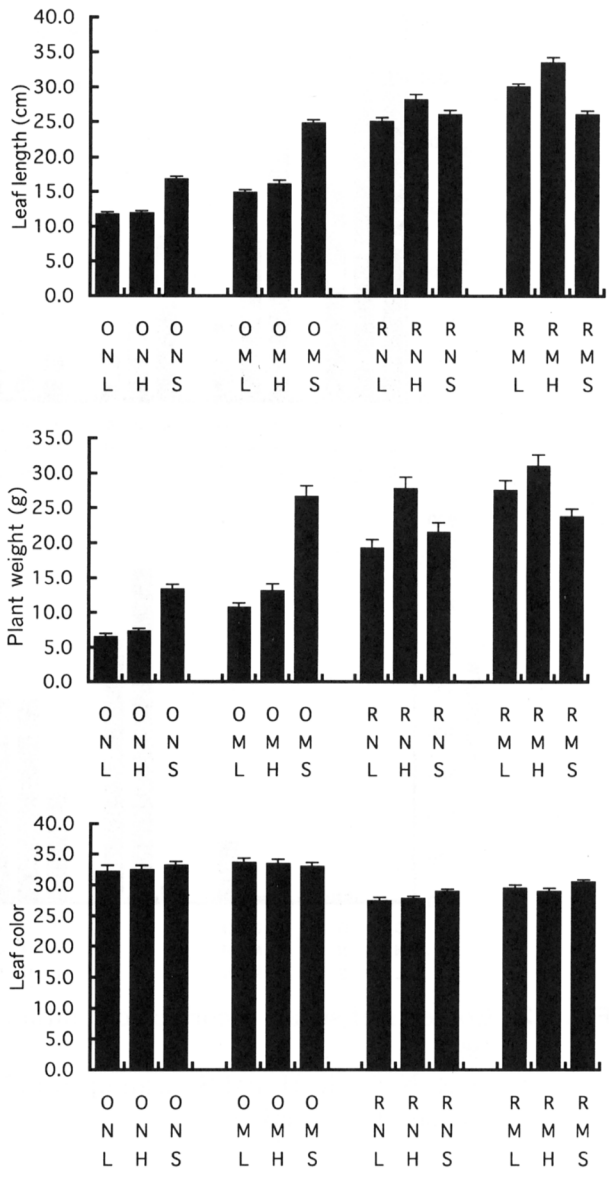


Fig. 14 Growth of garland chrysanthemum in each experiment plot in 1996.
O, R, N, M, L, H and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.
⊤ represents standard error.

た．根の乾物当たりの酸素消費量はいずれの処理区とも処理開始時より減少したが，５日ならびに10日湛水区は対照区よりも増加した．

２）ホウレンソウ

湛水処理後の生育を Table 2 に示す．湛水処理期間が長いほど葉長や新鮮重，乾物重等の生育は抑制された．特に，地下部で湛水処理の影響が大きく，根長や新鮮重ならびに乾物重の増加が抑制された．

根の酸素消費量を Fig. 17に示す．１株当たりの根の酸素消費量はいずれの処理区とも処理開始時より増加したが，増加の程度は対照区が最も大きく，湛水処理期間が長くなるほど増加の程度は小さくなった．根の乾物当たりの酸素消費量は，逆にいずれの処理区とも処理開始時より同程度減少した．

３）シュンギク

湛水処理後の生育を Table 3 に示す．ホウレンソウ同様，湛水処理期間が長いほど根長，新鮮重ならびに乾物重等の生育が抑制された．特に，10日湛水区の地下部の生育抑制が大きかった．

根の酸素消費量を Fig. 18に示す．１株当たりの根

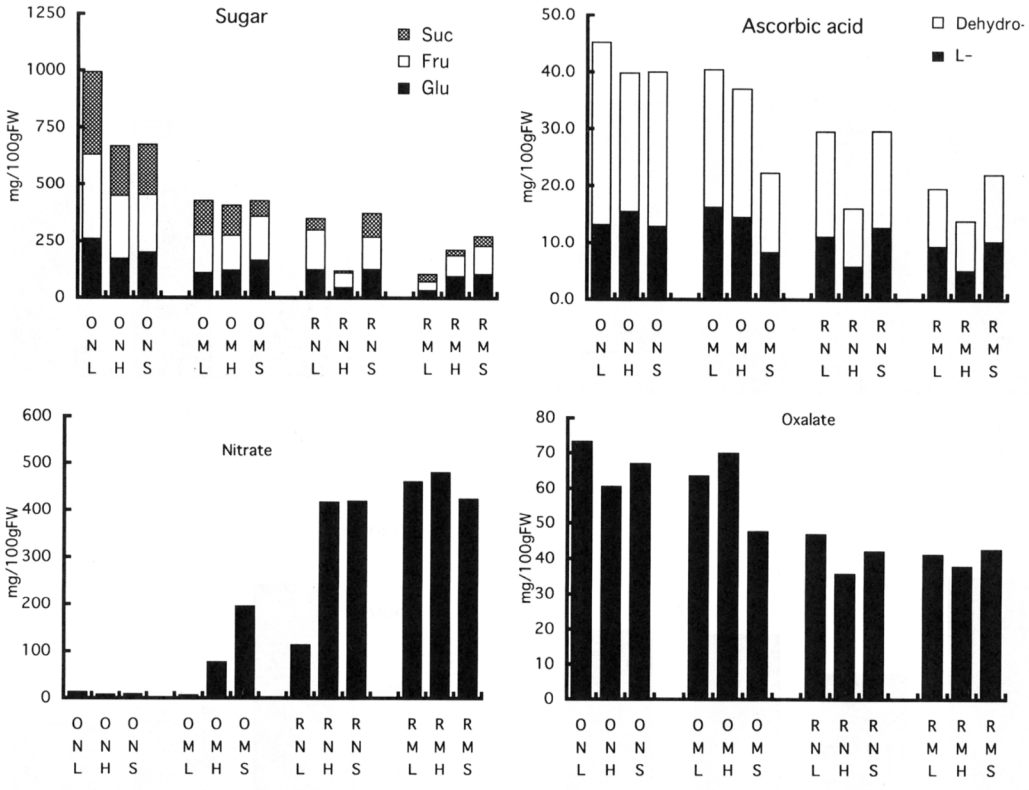


Fig. 15　Contents of sugar, ascorbic acid, nitrate and oxalate in garland chrysanthemum leaf in each experiment plot in 1996.
O, R, N, M, L, H, and S mean open field, rain shelter, non mulch, mulch, level row, high ridge and sheet, respectively.

Table 1　Effect of flooding on growth of sweet corn

Treatment	Plant height	Leaf color[z]	Fresh weight			Dry weight		
			Top	Root	Total	Top	Root	Total
	cm		g	g	g	g	g	g
Before treatment	58.1	36.5	10.00	6.90	16.90	0.87	0.44	1.31
Control	71.4	29.4	18.60	9.10	27.70	1.84	0.73	2.57
5 days flooding	70.5	27.7	17.10	7.00	24.10	1.69	0.60	2.29
10 days flooding	70.8	27.3	17.00	6.90	23.90	1.70	0.57	2.27

Z：Measured by Minolta chlorophyl meter SPAD-502

の酸素消費量はホウレンソウ同様，いずれの処理区とも処理開始時より増加したが，増加の程度は対照区が最も大きく，湛水処理期間が長くなるほど小さくなった．根の乾物当たりの酸素消費量もホウレンソウ同様，いずれの処理区とも処理開始時より減少したが，10日湛水区は対照区より増加した．

Ⅳ　考　　察

遮根シートは別名防根透水シートと言われるように，水は通過させるが根は通過させないという特性を持っている．これまで報告されている農業上の利用場面としては，トマト青枯病の回避[24]や高糖度トマト生産[2),13)]等が報告されている．これらはいずれもシートを用いて作成した隔離ベッドでの検討結果である．

これに対して，前報[4]では湿害防止というシートの新たな利用場面を想定し，その有効性を試作した地下水位調節装置で検討，確認した．そこで本実験ではこのシートによる湿害防止効果を実際圃場で検討

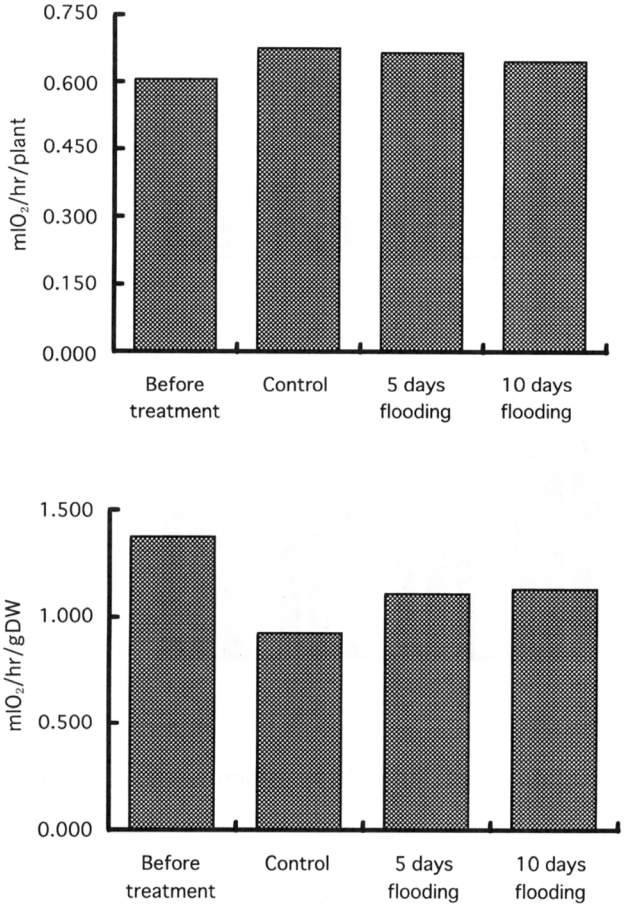


Fig. 16　Effect of flooding on root respiration rate per plant (upper) and dry weight (lower) of sweet corn.

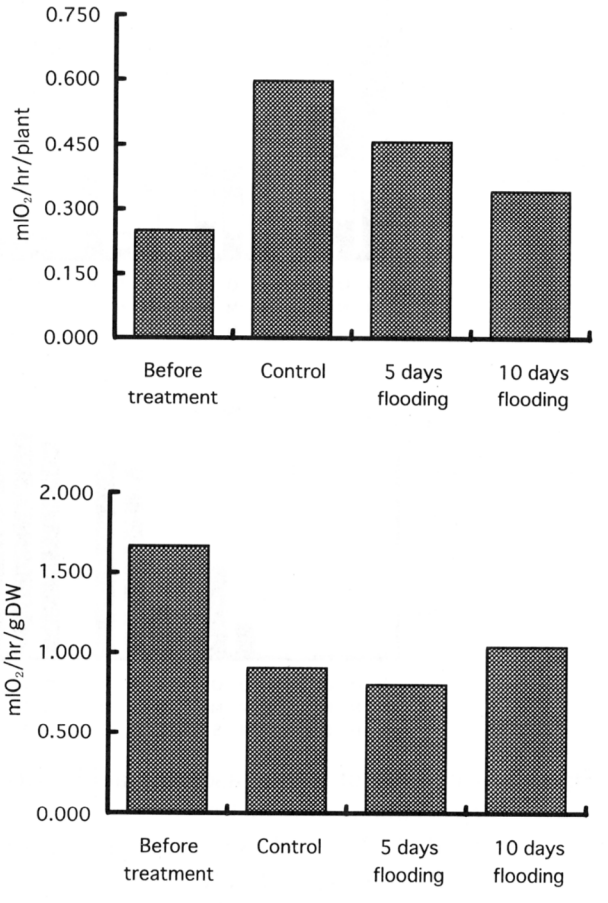


Fig. 17　Effect of flooding on root respiration rate per plant (upper) and dry weight (lower) of spinach.

Table 2　Effect of flooding on growth of spinach

Treatment	Leaf length	Root length	Leaf color[z]	Fresh weight			Dry weight		
				Top	Root	Total	Top	Root	Total
	cm	cm		g	g	g	g	g	g
Before treatment	17.4	23.5	33.5	4.38	1.91	6.29	0.40	0.15	0.55
Control	19.0	30.4	35.3	7.77	7.41	15.18	0.80	0.66	1.46
5 days flooding	17.5	24.7	32.1	7.11	5.65	12.76	0.76	0.57	1.33
10 days flooding	16.6	24.1	30.7	6.06	3.05	9.11	0.71	0.33	1.04

Z：Measured by Minolta chlorophyl meter SPAD-502

するとともに，雨よけ，マルチ，高畝等の簡易な資材・方法による湿害防止効果も合わせて検討しようとした．シートの設置方法は地表面に直に設置し，その上に盛り土をして栽培床を作成するという，現場でも応用可能な簡易な方法を採用した．

1　スイートコーン

スイートコーンでは地下水位上昇の影響は高畝，マルチあるいは雨よけにすることによって軽減された．土壌水分吸引圧の変動から明らかなように，土壌が露地の平畝よりも多少なりとも乾燥気味で経過したためと考えられる．これはスイートコーンが過湿に弱いという報告[23)]と一致する．

Table 3　Effect of flooding on growth of garland chrysanthemum

Treatment	Leaf length	Root length	Leaf color[z]	Fresh weight			Dry weight		
				Top	Root	Total	Top	Root	Total
	cm	cm		g	g	g	g	g	g
Before treatment	14.6	35.4	28.5	6.60	3.40	10.00	0.42	0.16	0.58
Control	15.7	37.6	32.9	11.30	7.10	18.40	1.02	0.46	1.48
5 days flooding	14.8	33.1	31.7	9.60	7.10	16.70	0.92	0.47	1.39
10 days flooding	14.4	29.3	31.0	8.00	4.70	12.70	0.91	0.29	1.20

Z：Measured by Minolta chlorophyl meter SPAD-502

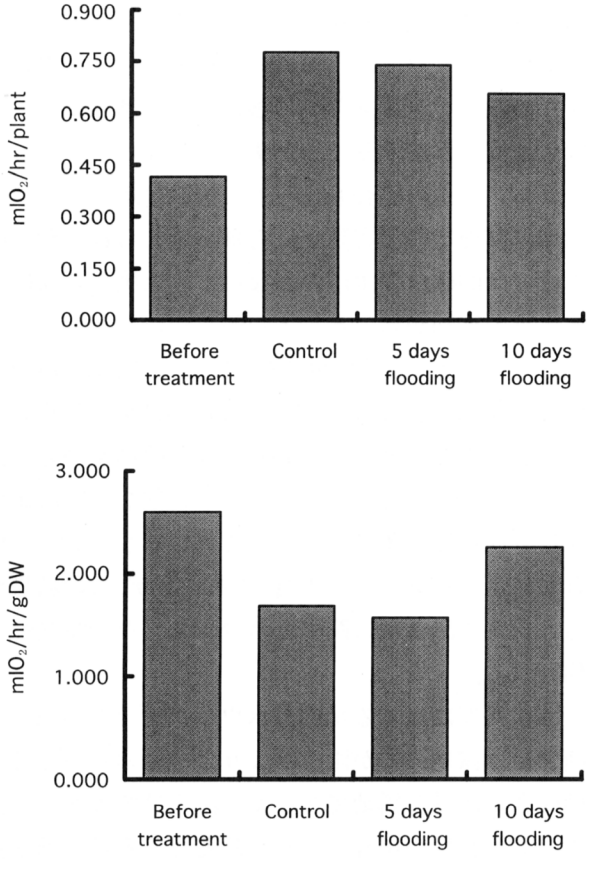


Fig. 18　Effect of flooding on root respiration rate per plant (upper) and dry weight (lower) of garland chrysanthemum.

しかし，スイートコーン幼植物の湛水処理では，10日間湛水処理しても生育ならびに1株当たりの根の呼吸量はほとんど抑制されなかった．このように幼植物と圃場植物で湛水処理による影響が異なることについて福見ら[6]は，湛水処理後の回復力が影響し，幼植物ほど回復力が大きいとしている．しかし，実用的見地からは減収程度が意味を持つとしている．

シートの敷設も土壌を乾燥させるという方向に作用したが，土壌水分吸引圧の変化から明らかなように，その程度が大き過ぎたために，水分不足による生育ならびに収量の低下をもたらしたと考えられる．この原因は一つにはシートが透水シートと言いながら，その透水係数が4.80×10^{-4}cm/sと，土壌のそれと比べると極端に小さいということ，また，スイートコーンが水要求量の大きな作物[15]であるということとともに，蒸散の盛んな夏季高温期の栽培であったためと考えられる．

本実験では各種資材を組み合わせたときの湿害防止効果についても検討したが，生育から見て，何か一つだけ資材等を導入しようとする場合，最も効果的なのは雨よけであった．二つの場合は雨よけ＋高畝，あるいはマルチであり，三つの場合は雨よけ＋高畝＋マルチであった．どの組み合わせにも雨よけが入っているが，降雨を直接回避できることと，必要なときには灌水できることが大きな理由と考えられる．一方，どの組み合わせにもシートが入っていないが，先に述べたような理由から，シートはスイートコーンには適していないと考えられた．

両年の試験結果から，収量から見て効果的な導入資材はマルチで，単独かあるいは高畝と組み合わせることで高い収量が得られている．マルチには降雨の浸入を防止する効果があり，これだけで湿害をかなり防止できることが明らかになった．これに加えて高畝を併用すれば，畝間に溜まった水や圃場の周囲から浸入してくる水による湿害を防止できることが可能であると考えられる．

2　ホウレンソウ

ホウレンソウの場合，露地の無マルチで平畝を基準とすると，地下水位上昇の影響は高畝，マルチ，

シートあるいは雨よけのいずれか一つを導入することによって軽減され，後者のものほど軽減効果が大きかった．土壌水分吸引圧の変化をみると，これら処理区のいずれとも平畝よりも高い pF 値で推移しており，過湿の平畝よりもいくぶん適湿側に保たれたためと考えられる．

雨よけの場合は降雨を遮断できるために，畝内の過湿と畝間の湛水の両方を防止できる．しかし周辺圃場あるいは雨よけ周辺から浸入してくる水による地下水位の上昇を防ぐことはできない．マルチは降雨による畝内の過湿は防止できるが，畝間の湛水を防止することはできない．高畝は降雨による畝内の過湿は防止できないが，畝間の湛水による畝内の過湿は軽減できる．

本実験では連続した降雨時に湛水処理を行ったため，両者の影響を軽減できる手段ほど，湿害防止効果が高いという結果が得られたと考えられる．本実験に用いた資材・手段のなかでは，雨よけがその効果が最も大きく，次いでマルチあるいは高畝の順であった．マルチと高畝の効果は試験年次によって異なっていることから，ほぼ同程度の効果と考えられ，生育ステージ，降雨期間や降雨量，あるいは地下水位の上昇程度等によって効果の出方に差があると考えられる．

シートの敷設効果は，一株重から見た場合，両年とも雨よけより大きく，葉長から見た場合には，雨よけに次いで大きかった．いずれにしても，高畝やマルチよりも湿害防止効果の高い資材と考えられる．しかし，高畝と同じように降雨の影響を受けるにもかかわらず，その効果に差が見られるのは，ホウレンソウの根系に原因があると考えられる．すなわち，ホウレンソウの根は直根性で，１m近くにまで達すると言われている[5]．このホウレンソウの根がある程度深く伸長した後，地下水位がその根系の上まで上昇すると，水に浸かった部分の根が腐って脱落するために，生育が抑制されると考えられる．これに対して，シートがあると，シートに達した根はそれより下には伸長せず，シートに沿って横方向に伸長し，シート上でルートマットを形成することが養液栽培などで観察されている．したがって，地下水位の上昇がシートまでならば，湿害の発生は回避されることになる．

このようにシートの敷設は，露地の場合湿害防止に有効であるが，雨よけでは的確な灌水が伴わないと，逆に土壌の乾燥による生育の抑制が起こることがあり，その導入に当たっては灌水チューブ等の設置が必要となる．

3　シュンギク

シュンギクはヒゲ根性[20]と言われているが，湛水処理に対する反応は，直根性のホウレンソウとほぼ同じであり，やはり，雨よけの湿害防止効果が最も高く，次いでシート，マルチあるいは高畝であった．湛水処理による根の呼吸速度の変化も，シュンギクとホウレンソウでは，類似の変化を示し，ホウレンソウの根系とシュンギクの根系では，湛水に対して同じように反応することが明らかになった．

シュンギクの場合もシートの敷設はホウレンソウ同様，露地での湿害防止に有効と考えられたが，雨よけでは的確な灌水が伴わないと，土壌の乾燥による生育の抑制が起こることが明らかになった．

シュンギクの品質成分を検討した報告は少ないが，四訂食品成分表[7]によると，同じ軟弱野菜のホウレンソウと同程度の糖含量である．本実験結果からも同様のことが言えるが，アスコルビン酸ならびに硝酸含量も同程度の値であった．これに対してシュウ酸含量はホウレンソウの１/10であったが，この結果からもシュウ酸蓄積に関するホウレンソウの特異性が伺われる．

湛水処理に対する反応もホウレンソウと同様で，糖含量は露地の方が雨よけよりも多いのに対して，硝酸含量は逆に露地で少なく，雨よけで多かった．ホウレンソウの場合，生育が旺盛であるほど糖含量が少なく，硝酸含量は逆に多いことが明らかになっている[3]が，シュンギクも同様の反応を示すと推察される．ただ，雨よけの場合は降雨が遮断されている関係上施肥窒素の溶脱が少なく，これがホウレンソウやシュンギクに吸収されて，硝酸含量が高くなっていることも考えられ，施肥に当たっては，窒素量を減ずる必要があると考えられる．

4　根の活性

今回の実験には根系の異なる３作物を供試したが，湛水処理の影響の出方が３作物で異なっている．す

なわち，根の新鮮重や乾物重から見ると，スイートコーンは湛水5日処理で対照区に比して大きく減少しているが，湛水10日処理では5日処理と大きな違いは見られない．これに対して，ホウレンソウでは湛水処理期間に応じて根の新鮮重や乾物重が減少している．また，シュンギクでは湛水処理5日では対照区と違いは見られなかったが，10日処理で大きく減少している．

この違いは湛水処理後の根の回復力の違いに起因していると考えられ，スイートコーンは湛水処理後の根の回復力が小さいのに対して，シュンギクは逆に大きいと考えられた．ホウレンソウの回復力は両者の中間に位置すると考えられた．

前報[4]のホウレンソウを用いた試験では大きなポット（直径12.5cm×深さ20，40，60cm，塩ビ製）を用い，生育がかなり進んだ段階（播種後4週間目）で湛水処理を開始したため，深くまで伸長した根が上昇した地下水によって湿害を被ったと考えられた．これに対して，今回のホウレンソウは播種後1ヶ月目の処理開始であるが，直径10.5cmの育苗ポットで，しかも試験時期も秋で，植物体がまだ小さかったために，湛水処理の影響が，その後の回復力の違いとなって現れたと考えられる．

根の酸素消費量からみると，供試した3品目の中では湛水処理の影響はホウレンソウが最も大きく，次いでシュンギク，スイートコーンの順であった．これは供試3作物の根系の違いによるものと考えられ，直根性[9]のホウレンソウが最も湿害を被り易かったためであろう．また，湛水処理による1株当たりの根の酸素消費量の違いは根量の違いによるもので，いわゆる根の呼吸活性（単位乾物当たりの酸素消費量）の違いによるものではないと考えられた．前報[4]のホウレンソウでも同様の結果が得られている．

湿害による1株当たりの根の酸素消費量の減少を考えるとき，一つには根量の減少あるいは根量の増加抑制による酸素消費量の減少が考えられ，もう一つには単位根量当たりの酸素消費量の減少が考えられる．しかし，前報の実験結果，ならびに今回の実験から，先に述べたように湿害による根量の減少が，1株当たりの根の酸素消費量の減少の原因と考えられた．

V　結　　論

地下水位の上昇による野菜の湿害防止に遮根シートが有効である[4]ということから，根系の異なる3種の野菜[9),19),20)]を用いて，圃場条件下で湿害防止効果を検討した．実際に湿害防止効果がみられた野菜は露地のホウレンソウとシュンギクで，雨よけのホウレンソウとシュンギクでは逆に生育が抑制されることもあった．また，スイートコーンでは雨よけの有無にかかわらず生育が抑制された．これは，遮根シートの湿害防止効果よりも，透水係数が低いことによる下層からの水分補給が抑制された結果と考えられた．それゆえ，遮根シートの導入に当たっては，野菜の種類，作期，雨よけの有無等により，灌水チューブ等の設置が必要と考えられた．

遮根シートを含め，供試した資材等の中では雨よけの湿害防止効果が最も高かった．これは，降雨の遮断による畝内の過湿防止と畝間の湛水防止の2つの効果を通して，湿害の発生を防止したものと考えられた．

湛水の影響を根の酸素消費量の変化からみると，ホウレンソウのそれが最も大きく抑制され，次いでシュンギク，スイートコーンの順であった．圃場条件下でも，湛水処理の影響はホウレンソウが最も大きく，次いでシュンギク，スイートコーンの順であった．これはシュンギクがひげ根性，スイートコーンが側根性であるために表層にある根の割合が多いのに対して，ホウレンソウは直根性であるために深層の根の割合が高く，地下水位上昇の影響を直接的に受けたためと考えられた．

前報[4]において，湛水によりホウレンソウの根の酸素消費量が低下したが，本実験の3種の野菜でも同様の結果が得られた．根の単位乾物当たり酸素消費量に大きな違いが認められないことから，湛水による根量の減少が酸素消費量低下の原因と考えられた．

Ⅵ　摘　　要

湿害防止に有効な遮根シートを含め，各種資材を活用した圃場条件下における湿害防止技術について，根系の異なるスイートコーン，ホウレンソウならび

にシュンギクを供試して検討した．また，湛水処理が根の酸素消費量に及ぼす影響を検討した．

1．スイートコーンの場合，栽培期間中の降雨とそれによる地下水位上昇の影響は高畝，ポリマルチならびに雨よけハウスのいずれによっても同程度に軽減された．遮根シートの敷設は土壌の乾燥を助長し，生育，収量の低下をもたらした．

2．ホウレンソウでは，雨よけハウスが最も効果的で，次いで遮根シート＞ポリマルチ＞高畝の順であった．遮根シートの敷設は露地の場合有効であったが，雨よけハウスでは土壌の乾燥による生育の抑制を引き起こした．

3．シュンギクはホウレンソウと同様の反応を示した．

4．根の酸素消費量からみると，湛水処理による影響はホウレンソウが最も大きく，次いでシュンギク，スイートコーンの順であった．

5．湛水処理による1株当たりの根の酸素消費量の減少は根量の減少によるもので，いわゆる根の呼吸活性（単位乾物当たりの酸素消費量）の低下によるものではなかった．

引 用 文 献

1）阿部盟夫・古野昭一郎・内田文雄　1981．火山灰水田における効果的水利用に関する研究　第3報　転換畑における地下水位の高低と導入作物の生育について．栃木農試研報　27：29—40．

2）阿部晴夫・飯塚　浩・茂木正道　1994．簡易な根域水分制御システムの開発．群馬農業研究D園芸　8：11—25．

3）荒木陽一・井上昭司・村上健二・岩波　壽・野口正樹　1995．高温期におけるホウレンソウの安定生産技術の開発（第2報）被覆，遮光，マルチ資材の組み合わせがホウレンソウの収量，品質に及ぼす影響．園学雑　64(別1)：326—327．

4）荒木陽一・剣持謙二・濱野　恵・山田　盾（審査中）．地下水位制御がホウレンソウの生育ならびに品質に及ぼす影響．農研センター研報．

5）芦澤正和　1982．ホウレンソウ．西　貞夫監修．野菜園芸ハンドブック．p 970—985．養賢堂，東京．

6）福見良平・熊井清雄・高須浩司　1990．トウモロコシおよびソルガムの耐湿性2．湛水処理が飼料用トウモロコシ，ソルガム品種の生育収量並びにトウモロコシの乾物消化率に及ぼす影響．畜産の研究　44：275—278．

7）細谷憲政　1983．四訂食品成分表．全国調理師養成施設協会編．pp 290．

8）岩佐正利　1984．野菜導入のための地下水位制御．九農研　46：10—12．

9）香川　彰　1974．ホウレンソウ＝植物としての特性．農業技術大系野菜編7．ホウレンソウ．P基1—基8．農文協．東京．

10）籠橋　悟・川西英之・小島昌弘・東　駿次・松村安治　1970．水田導入そ菜類の生育に及ぼす土壌通気および土塊の大きさの影響に関する研究．東近農試研報　20：100—121．

11）川出武夫・小島昌弘・木下隆雄・穂積清之・東　駿次　1970a．土壌水分の差異とそ菜の生育に関する研究（第1報）土壌水分の差異が秋冬作そ菜類の生育に及ぼす影響．東近農試研報　20：15—40．

12）川出武夫・木下隆雄・穂積清之・東　駿次　1970b．土壌水分の差異とそ菜の生育に関する研究第2報　土壌水分の差異が夏作果菜類の生育および果実の生産に及ぼす影響．東近農試研報　20：41—52．

13）松崎朝浩・牛田　均・白井英清　1994．遮根シートを利用したトマト栽培における潅水管理が糖度に及ぼす影響．香川農試研報　45：43—48．

14）永井嘉和・熊谷　健・澤　重孝　1985．転換畑における地下水位の変動．滋賀農試研報　26：42—47．

15）内藤文男　1972．作物の水分消費特性に関する研究．農林水産技術会議編．研究成果　59．畑地かんがい．p 3—37．

16）中島征志郎・石橋祐二・松原徳行・陣野久好　1983．転換畑の地下水位が作物の生育および土壌の理化学性に及ぼす影響．長崎総農林試研報　11：35—73．

17）小野芳郎・平岡正夫・川中弘二・石橋英二　1990．岡山県下における転換畑の地下水位の変動．岡

山農試研報　8：59—64.
18）太田　充・保科次雄・浅野次郎　1988. 砂地土壌における地下水位の高低とダイコンの生育・品質. 静岡農試研報　33：37—44.
19）芹沢暢明　1977. スイートコーン. 清水　茂監修. 野菜園芸大事典. p 951—960. 養賢堂. 東京.
20）鈴木芳夫　1974. シュンギク＝植物特性と生理. 農業技術大系. シュンギク. P基7—16. 農文協. 東京.
21）津高寿和・砂野　正・田中平義　1987. 兵庫県下における土壌類型別転換畑の地下水位の変動. 兵庫農総セ研報　35：43—48.
22）時枝茂行・加護谷栄章・澤田富雄・小林尚武・中尾政輝・藤原辰行　1985. 田畑輪換野菜の根圏改善による生育障害対策（第1報）雨よけ地下水位制御圃場におけるキュウリの生育・収量. 近畿中国農研　69：45—53.
23）戸澤英男　1997. トウモロコシの絵本 — 育てて遊ぼう —. pp 36. 農文協，東京.
24）上原洋一　1993. 根域制限による野菜・果樹の土壌・栄養管理1　根域制限による野菜土壌病害防除. 土肥誌　64：344—349.

Studies on Cultivation of High Quality Vegetables in Rotational Upland Field

Yoichi ARAKI*, Kenji MURAKAMI, Shoji INOUE, Hisashi IWANAMI** and Futami YAMAMOTO***

Summary

In this experiment, We studied the effect to prevent excess moisture injury by some materials and methods, that is, high ridge, plastic mulch, rain shelter and root interceptive polyester cloth in upland state utilization of paddy field. And we studied the effect of flooding on growth and oxygen uptake by root of some vegetables with different root type. Results obtained are as follows.

1) In case of sweet corn (*Zea mays* L. var. Peter 445), reduction of growth and yield by flooding was equally lightened by high ridge, mulch or rain shelter. Root interceptive cloth promoted soil dryness and decreased growth and yield.

2) In case of spinach (*Spinacia oleracea* L. var. Lead), reduction of growth by flooding was lightened largely in order of rain sheler, root interceptive cloth, mulch and high ridge. Use of root interceptive cloth was effective in the open field, but it retarded growth by soil dryness in rain shelter.

3) In case of garland chrysanthemum (*Chrysanthemum coronarium* L. var. Kiwame-chuba), response to flooding was the same as spinach.

4) Effect of flooding on root respiration rate was larger in order of spinach, garland chrysanthemum and sweet corn.

5) Decrease of root respiration rate per plant by flooding did not result from decline of root respiration rate per dry weight, that is, root respiration activity, but from decrease of root volume.

Department of Upland Farming
* Present address : National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea, Kurume Branch
** Deceased
*** Chiba Agricultural Experiment Station