

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2011 年度研究報告会

開催日時：2012 年 3 月 18 日（日） 13:00～16:30
会 場：Reimei Hall （京都市左京区吉田神楽岡町）

表題・報告者

1. 自家採種トマトの無施肥無農薬栽培

マルチ処理の有無および栽植密度の違いが生育と収量におよぼす影響

…… 森 誠（無肥研）・水谷信雄（元 近畿大学） 1

2. 無施肥・無農薬栽培におけるニンジンの生育と収量・品質

…… 田尻尚士（元 近畿大学） 8

3. 無施肥無農薬栽培法における除草方法が水稻の生育・収量に及ぼす影響(第 3 報)

…… 丸田信宏・竹内史郎（無肥研） 13

(休憩)

4. 小倉圃場におけるケイ酸動態の特徴と水稻のケイ酸吸収

…岩本啓己・本間香貴・廣岡義博・神林満男・菜田光雄・白岩立彦（京都大学大学院農学研究科）

19

5. 2011 年度 無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較実験

…… 家田善太・竹内史郎（無肥研） 23

6. 資料報告 異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について

…… 小林正幸（無肥研） 29

自家採種トマトの無施肥無農薬栽培

～マルチ処理の有無および栽植密度の違いが生育と収量におよぼす影響～

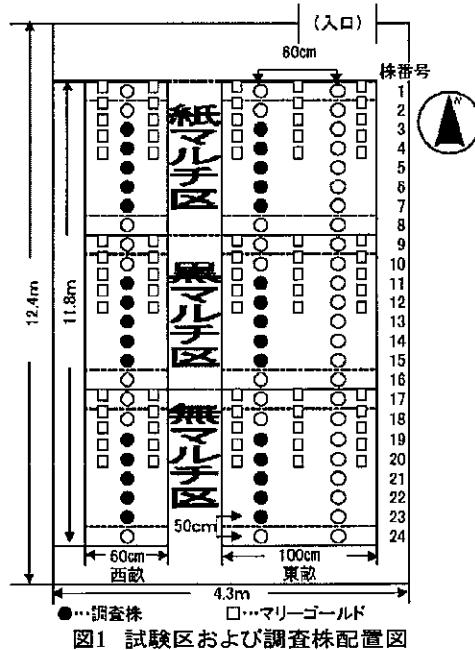
森 誠（無肥研）・水谷信雄（元近畿大学）

1 はじめに

日ノ岡試験圃場（京都市山科区日ノ岡）では 1972 年 10 月より無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培とする）を継続し、本年（2011 年）で 39 年目になる。本試験は同圃場内にあるビニールハウス内にて実施した。昨年（2010 年）行った調査結果から、ビニールハウス内の栽培環境の問題、特に西側の地下水位が高く、過剰な土壤水分が生育・収量に影響していることが示唆されたので、ハウスの西側に幅 30 cm、深さ 30 cm の溝を掘り、土壤排水を促し、さらに西側の畝を高畝にすることで地下水位の影響・抑制を試みた。また、本年はマルチ処理の有無および栽植密度の違いがトマトの生育と収量におよぼす影響をも調査した。なおこの試験は自家採種トマトに適した無施肥栽培法を確立する研究の一環として 2009 年より行っているものである。

2 試験材料および方法

試験には 2006 年に購入し、以降毎年自家採種を続けているトマト（品種：タキイ桃太郎 T-93）を用いた。2011 年 2 月 4 日に温床（ビニールトンネルをして、地表下 10 cm の地温を昼 30°C 夜 20°C に設定）に播種し、2 月 20 日（本葉 4 葉時）にビニールカップに移植をし、4 月 16 日（第 1 花房開花期）にビニールハウス（縦 12.4 m、横 4.3 m、高さ 2.7 m）内に設けた東西 2 畝に定植した。なお東畝は畝高 20 cm、畝幅 100 cm で株間 50 cm、条間 60 cm の 2 条植えとし、西畝は畝高 30 cm、畝幅 60 cm で株間 50 cm、1 条植えとした。両畝とも北側から紙マルチ処理区、黒ビニールマルチ処理区、無マルチ区の 3 区を設け、それぞれ 8 株で 1 区画とし、生育、収量および品質の調査を行った。図 1 に示したように各区画から 5 株を選び調査株（●）とした。



調査株の草丈、葉数、SPAD 値（下部から 5 葉毎に葉の先端部を測定）を 4 月 30 日（定植後 14 日目）より 8 月 8 日（調査株が半数以上枯死した時期）まで概ね 1 週間毎に測定し、花房毎に最初の開花日と着果日も記録した。また枯死株の発生日及びハウス内の気温と地温等も記録した。

収量（全株から収穫した果実の個数と重量を着果花房と形状とともに記録）、糖度（各調査株の初収穫物について、それぞれの果実の上段・中段・下段の果汁を糖度計で測り、1 果毎に平均した値）および調査株の全収穫物の果径（縦径×横径）を測定した。

また、マリーゴールドの間植がネコブセンチュウの防除におよぼす効果についても調査を行った。マリーゴールド（アフリカン・マリーゴールド）は 4 月 14 日にビニールカップに播種し、育苗後 5 月 6 日に定植した。定植位置はトマトの株間の中心とし、西畠は畠の両側に、東畠は畠の外側および条間中央部に植え付けた。各区の南側 4 株の周囲には植え付けなかった。トマト 8 株については枯死した時点で掘り上げ、それぞれの根に発現していた 1mm 以上の径を持つ根コブの数と、根の乾物重および平均根長を測定した。

3 結果および考察

①生育について

生育初期は西畠・東畠とも同じような生育経過だったが、6 月に入ると東畠の生長がやや悪くなり、両畠の差は生育終了まで縮まらなかった（図 2）。また、マルチ処理別に見ると、紙マルチ区は東畠の生長が 6 月に入ると遅れるようになったものの、7 月に入ると回復し、7 月下旬には両畠とも同じような草丈になつた。黒マルチ区は生育初期から東畠の生長が悪かった。無マルチ区は 6 月初旬頃より東畠の生長が悪くなつた（図 3）。

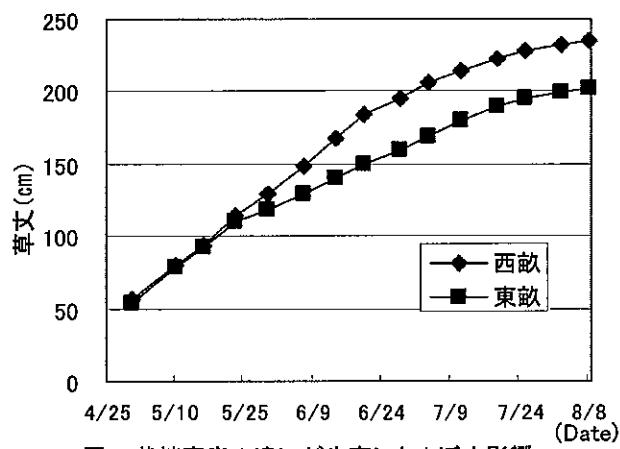


図2 栽植密度の違いが生育におよぼす影響

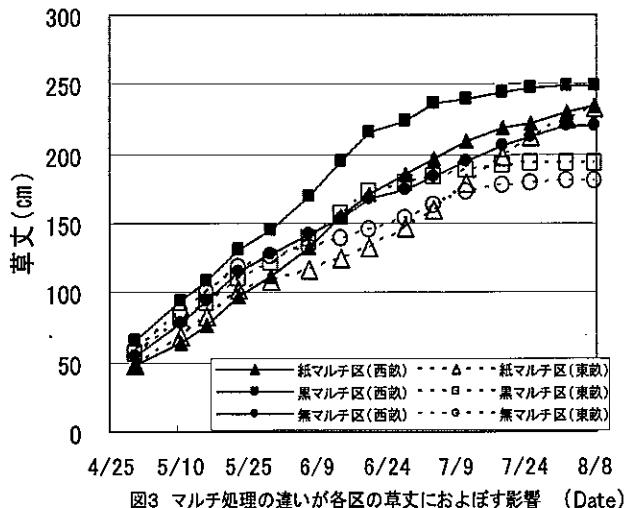


図3 マルチ処理の違いが各区の草丈におよぼす影響 (Date)

葉数は3区共に草丈と同様の推移をした(図4)。

枯死株は黒マルチおよび無マルチ区では東畠で6月中旬より、西畠では7月中旬頃より出現した。マルチ区では東・西両畠とも枯死株の発生は少なかった(図5)。このマルチ処理による差異は、紙マルチ区で地温の上昇を抑えたことも一因と思われるが、さらに、北よりも南側で地下水位が高かった事も影響しているかもしれない。

またマリーゴールドを間植しても根コブが1株当たり3.8株出現しており、ネコブセンチュウの害も想定された。なおマリーゴールドを間植しない場合は根コブが7.0個/株と間植した場合の1.8倍多く出現していたが、枯死率はそれぞれ58.3%と75%で、枯死に対する効果は限定的であった(表1)。

またマリーゴールドを間植すると、7月には、間植をした方の草丈が約10%低くなかった(図6)。これは6月中旬頃よりマリーゴールドの生育が活発化し、トマトの生育に影響をおよぼしたものではないかと思われた。

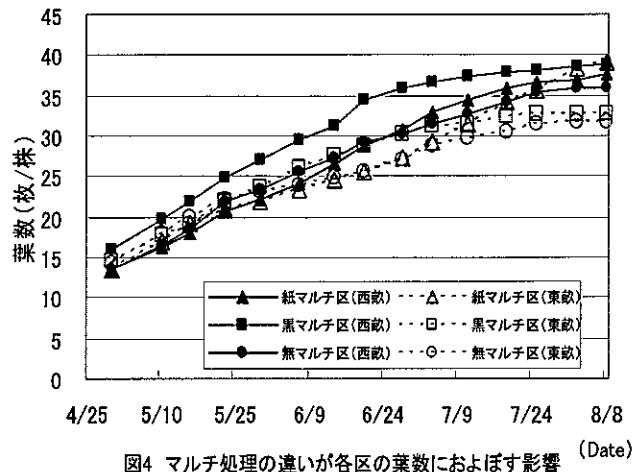


図4 マルチ処理の違いが各区の葉数におよぼす影響

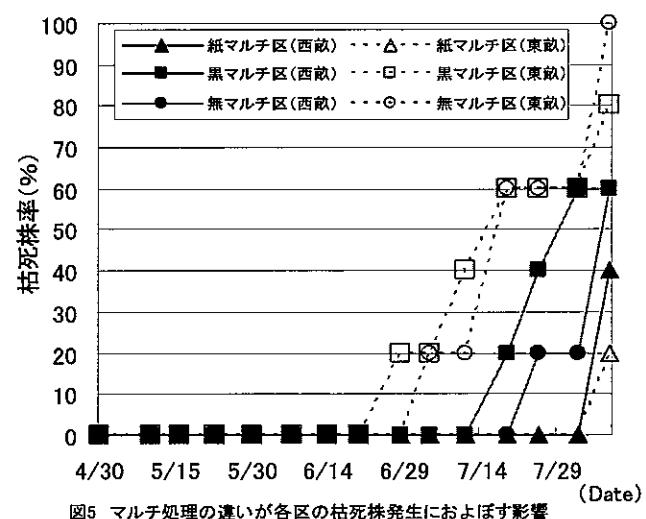


図5 マルチ処理の違いが各区の枯死株発生におよぼす影響

マリーゴールド 処理	根重 (g)	平均根長 (cm)	ネコブ数 (個)	枯死率 (%)
あり	22.4	25.9	3.8	75.0
無	21.9	25.4	7.0	58.3

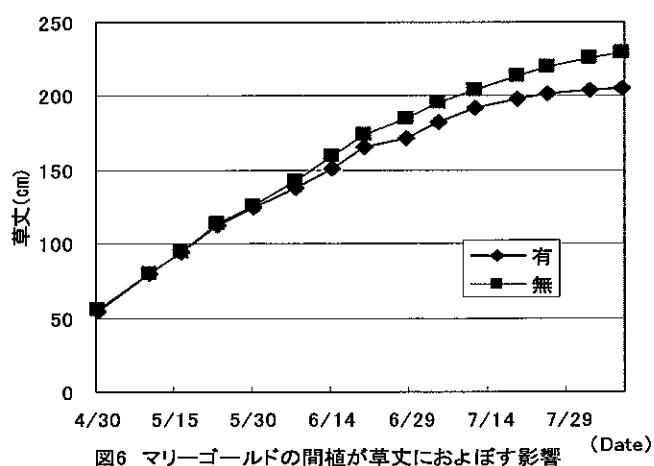


図6 マリーゴールドの間植が草丈におよぼす影響

②収量について

東畠はどの区も7月中旬までに大半の収穫を終了していたが、西畠では無マルチ区を除いて7月後半まで収穫があった。西畠の無マルチ区は7月中旬ごろ以降の収穫はあまりなかった（図7）。

西畠の無マルチ区で収量が少なかったのは、南側に見られる排水不良の影響が10cm程度の高畠では抑制できなかつたのではないかとも思われた。

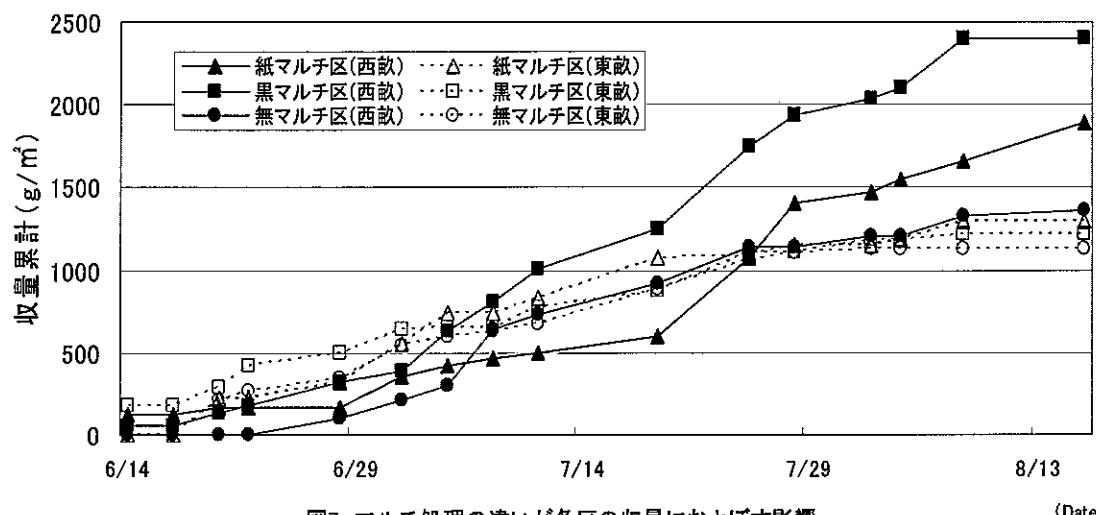


図7 マルチ処理の違いが各区の収量におよぼす影響 (Date)

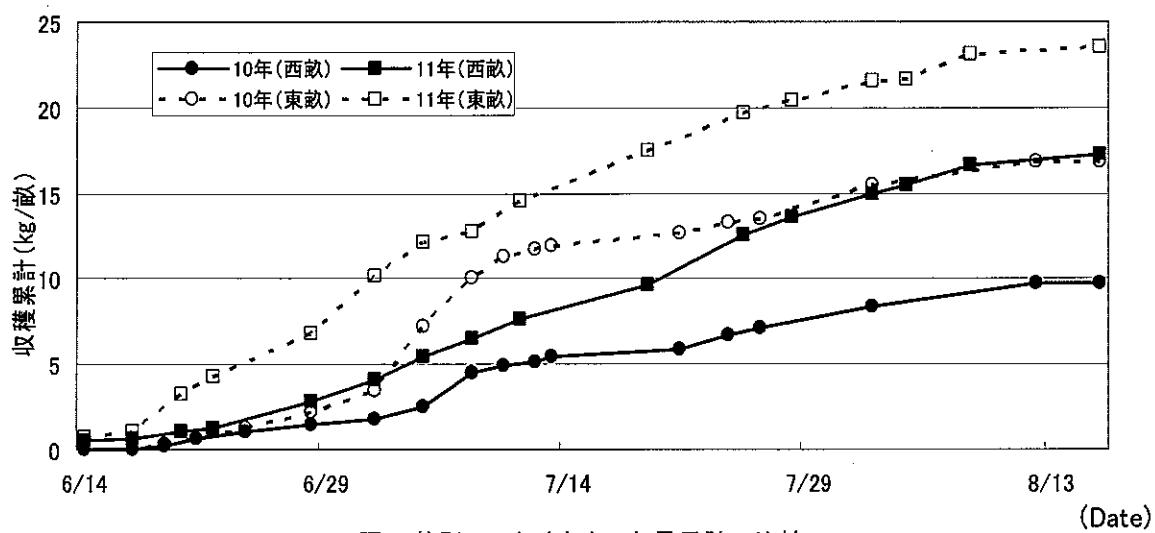


図8 畠別にみた昨年との収量累計の比較 (Date)

畠ごとの全株収量を比較すると、昨年の西畠は9.7kg(46株)、東畠は16.9kg(46株)の収量であったが、本年はそれぞれ17.2kg(24株)と23.6kg(48株)であり、西畠は77%、東畠は40%の増収となった（図8）。このことからも本試験圃場のような排水不良の土地においては、畠を高く設置する方が健全に生育する期間を長くすることができ、収量を増すと考えられた。

③SPAD 値から見た養分吸収について

SPAD 値からトマトの窒素吸収量を推定すると、第 5 葉では黒マルチ区・無マルチ区は両畠とも、紙マルチ区は東畠が 5 月上旬に SPAD 値が最大値を示し、その後低下した。一方、紙マルチ区の西畠は 6 月下旬まで SPAD 値が上昇したのち下降したが、生育後期まで高い値を示した。また紙マルチ区は両畠とも生育後期まで枯れない株もみられた。一般的に養分欠乏症等は下位葉から現れるが、生育後期まで下位葉が維持出来たことが、枯死株の減少につながったのではないかと考えられる（図 9）。

第 10 葉の SPAD 値の推移は草丈の推移と似通っていた（図 10）。

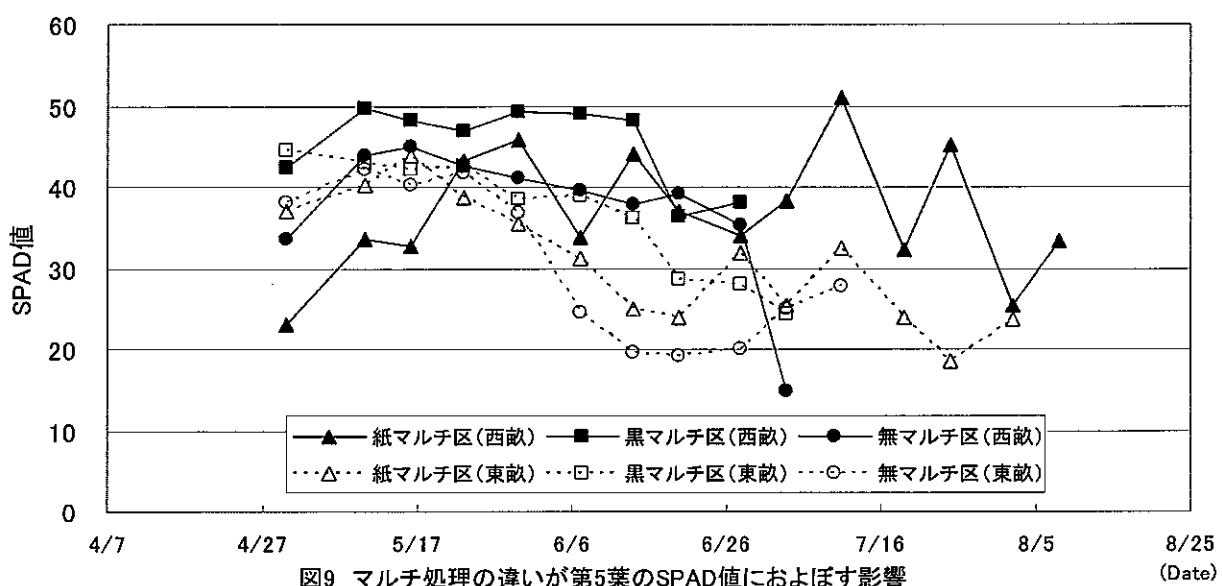


図9 マルチ処理の違いが第5葉のSPAD値におよぼす影響

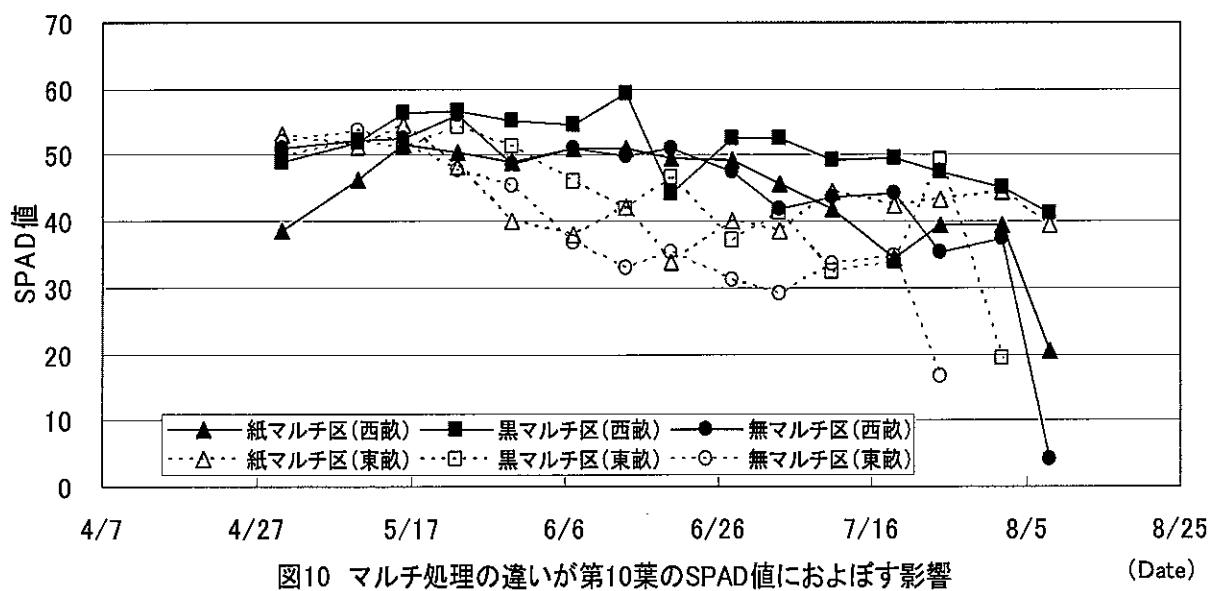


図10 マルチ処理の違いが第10葉のSPAD値におよぼす影響

第 25 葉の SPAD 値では東畠の無マルチ区が 7月初旬から低下したが他の区では 7月末から 8月に低下した（図 11）。

5葉が 6月中旬、10葉が 7月中旬、25葉が 7月末から SPAD 値を低下させていたがおおむね枯死株の発生率が高い区ほど、早めに低下しており、養分供給の維持が枯死株を減少させることになると思われた。枯死株との関係は上位葉に強く表れていた。

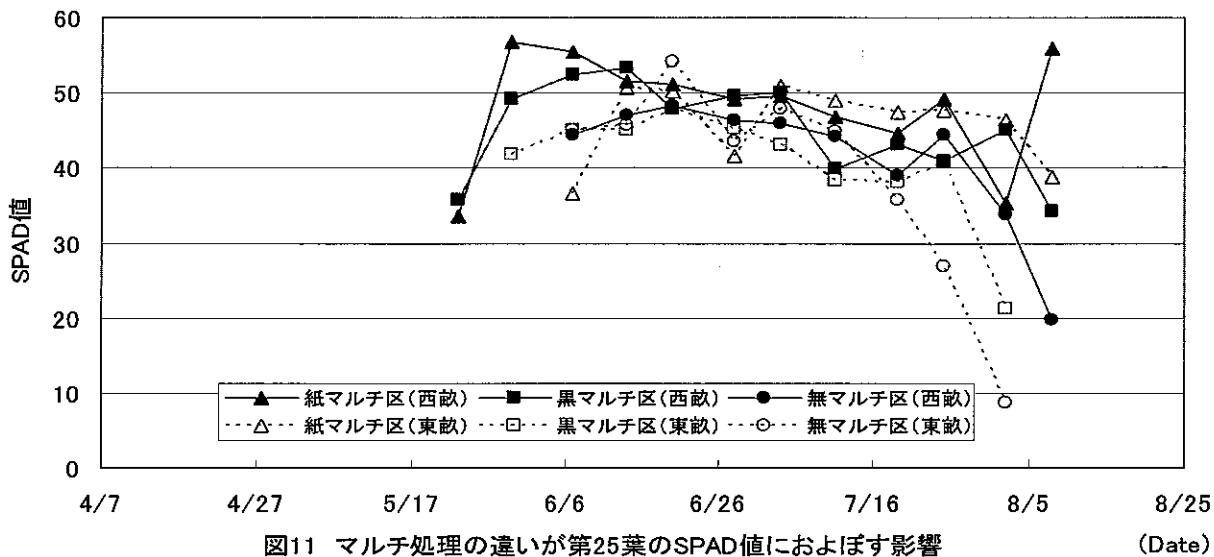


図11 マルチ処理の違いが第25葉のSPAD値におよぼす影響 (Date)

また 7月下旬の葉位別 SPAD 値（図 12）が示すように西畠の紙マルチ区がもっとも SPAD 値が高く、東畠の無マルチ区と黒マルチ区が低かった。

西畠の黒マルチ区と無マルチ区はおおむね中間的な値をとった。ところで東畠の紙マルチ区は下位葉で低く、中位葉では中間的な値をとっていたが、上位葉では高い SPAD 値を示しており、他の区とはやや異なっていた。上位葉の高い SPAD 値は生育後期まで養分供給能を維持できたことを示しており、枯死株の少なさにつながったと思われた。

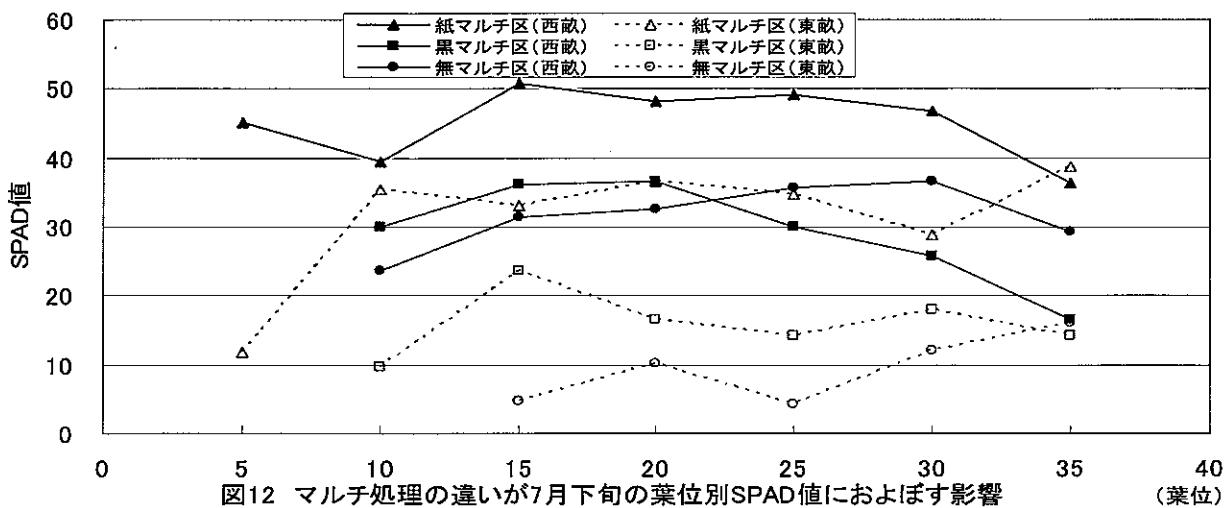


図12 マルチ処理の違いが7月下旬の葉位別SPAD値におよぼす影響 (葉位)

4 まとめ

マルチ処理の効果には土壤温度の抑制と雑草防除の2つが挙げられるが、本試験圃場のような排水不良・地下水位の高い場所では、トマトの生育にはマルチ処理の効果よりも土壤水分の影響の方が大きいようであった。しかしながら雑草防除の効果としては、定植後2カ月間の除草量は各区あたり無マルチ区が240g（生体重）であったのに対し、マルチ処理区では20gと12倍の差があり、除草時間もそれぞれ20分に対し4分と5倍の差があった。なお、高畝にすることで、地下水位の影響を少なくし、生育を長期間健全に保って、収量も增收すると考えられ、10cm程度の高畝でも一定の効果があることが示唆された。

また昨年マリーゴールドを定植していない所から採取したトマトの根は前年にマリーゴールドを植えた地点のそれよりも根コブの数が多い事も認められた。このことによってマリーゴールドを定植し続けることでネコブセンチュウの害を減らしていくことも示唆された。

今後もトマトの無施肥無農薬栽培に適した栽培環境や栽培技術の確立を目指していきたい。

無施肥・無農薬栽培におけるニンジンの生育と収量・品質

報告者 田尻 尚士

[1] はじめに

ニンジンの原産地は中央アジア、アフガニスタン付近とされ、日本には中国を経て伝来し東洋系品種が誕生。江戸末期に欧米諸国から西洋種が普及し、昭和初期には中根種や長根種（東洋系）の夏蒔き秋・冬収穫栽培が主体であったが、次第に西洋系の短根種（西洋系品種）の栽培が拡大した。現在は一代雜種の栽培が中心である。

[2] 実験方法と材料

<1> 栽培と生育

1999年より無施肥無農薬栽培田とし、 540m^2 を 3 等分し有機コンポスト施肥・無農薬栽培区(牛糞・汚泥・残飯コンポスト：山陽三共有機株式会社製 SS ボーン A-6 = Y 区)、無施肥・無農薬区 (N 区)、有機配合肥料施肥・無農薬栽培区(多木化成株式会社製彗星 = C 区)の 3 区分を設定、過去にダイズ、トウモロコシ、山芋等を継続・輪作し現在に至る。

植え付け 1 ケ月前の 2011 年 5 月 5 日にトラクターで耕耘（深さ 40cm、畝幅 120cm）し、2 条植えとし乾燥防止のため平畝で畝高 15cm とし、耕耘時に Y・C 栽培区に消石灰を $7\text{kg}/180\text{m}^2$ 敷布した。

栽培 C 区では、元肥として下記の表-1 に示した施肥量の 1/3 量 (N : 7、P : 5、K : 5kg/10a) を施肥、有機コンポスト Y 区は SS ボーン A-6 を (450kg/10a)一括施肥し各々耕耘した。

<2> 栽培品種と生育概要

東洋系の根形が中長で晩生の夏蒔き品種の金時（タキイ種苗 F1）を用いた。

ニンジンの生育概要は、地下部と地上部がほぼ並行して生長し、地上部の生長が地下部の生長を誘導し、地下部での根長が促進され、次いで根茎が肥大し、結果として根重が増加することや薹立ちがやや早いことが知られる。

1)播種：ニンジンは発芽率が低く、とくに、栽培時の影響因子として気温・土壤温度覆土の厚さ等である。発芽最適温度は $15\sim25\text{ }^\circ\text{C}$ で、 $35\text{ }^\circ\text{C}$ 以上・ $10\text{ }^\circ\text{C}$ 以下では発芽率が極めて低いことが知られている。

発芽率を高めるために前日から種子を飽和状態に水に濡らした新聞紙に包み十分に給水させた。播種時の 6 月 5 日は気温 $20\text{ }^\circ\text{C}$ で栽培土壤が 3 日前の雨で湿めっていたので上記の種子を播種、ニンジン種子は好光性のため覆土は 2mm 程度と薄めとした。

播種方は 15cm 間隔で直径 2cm X 深さ 1.5cm 大の穴を木の棒で開け、軽く散水した後に 1 穴に基本的に 3 粒播種した。

2)肥料：本来ニンジンは有機質に富み、耕土が深く保水性に富む用地で pH6.5 前後のやや酸性土が適することが知られる。

土壤の保水性が発芽率や根部の身長・肥大並びに根形や着色性に大きく影響するため、とくに、発芽後の生育初期（播種後 30 日前後）までは水分保持が不可欠ゆえ、発芽後は谷部を灌水した。

肥料は窒素が不足すれば葉部の生長が劣り根部の肥大と着色性が劣化、過多となれば葉部が過繁茂し根部の着色性と肥大が弱化する。リン酸が不足すれば葉部が赤紫色となり根部の着色性や肥大性が劣化し、カリが不足すれば根部の肥大と着色性が阻害され、適度に施肥されれば根部の肥大と着色性は促進される。

各栽培区の施肥量を表-1に示した。

表-1 ニンジンの栽培法と施肥量 (10a)

栽培区分	窒素 (N)	リン酸 (P)	カリ (K)
Y 区	13.5 kg	18.0 kg	13.5 kg
N 区	0 kg	0 kg	0 kg
C 区	20.0 kg	15.0 kg	15.0 kg

* C 区 = 1/3 を元肥、残量 2/3 追肥 (2 当分 2 回)

N 区は除草、給排水を Y 区・C 区と分断した。

Y 区 : SS ボーン A-6 = N : 3.0%、P : 4.0%、K : 4.0%、珪酸 11.0%
苦土 : 0.7%、腐植 : 33%

C 区 : 豊星 (有機配合) = N : 12.0%、P : 8.0%、K : 10.0%

<3> 栽培管理

6月5日播種、播種後8日目に発芽(75%)したので12~15日後より間引きを行った。間引きには残す個体の根部を痛めぬ様に留意し、1回目は栽培25日(播種後)前後、2回目は栽培40日前後に行った。

間引きが遅れると茎葉の繁茂過多により、根部への日光照射が不足し根部の肥大が阻害される。間引きは茎葉の傷みや根部の着性を阻害するため、出来る限り丁寧に竹串を用いて抜粋し、同時に根首が完全に隠れるまで土寄せを行った。

栽培土が乾燥過多となると根部が裂根となるため、谷部の給水に留意した。

追肥は栽培40日目と70日目に行い、同時に除草・土寄せを行った。

<4> 収穫と保存

収穫は播種後110日以後より隨時生長完了と想われる(首部の太さが4.5cm以上)個体より収穫した。

栽培中の葉重、葉数、根重、根長並びに収量につき表-2に示した。

収穫後は品質低下や腐敗を防ぐため冷暗所の倉庫内のコンクリート土間に静置貯蔵し、日中の高温・多湿時は窓を開放し扇風機等を用いて通風換気を行い、夜間は窓の開放下で冷気を利用した。

収穫時には、出来るだけ丁寧に根部周辺の土を柔らかく解した後に抜粋した。

収穫後のニンジンは土を落とし、根部・葉部共々傷つかぬよう留意した。

保存時には茎葉の乾燥を防ぐために防水クロスで覆い、保存は3~4日間以内とし、生鮮状態で保育所及び介護施設に無料提供した。

[3] 結果と考察

1) 生育と収量

全般的にY区は終始生長が敏速・活発で、次いでC区が良好となり、N区が最も生長性が緩慢で劣る結果となった。全栽培区での総合的な生長度は栽培(播種後)50~100日間が最高となり、栽培100日以後の終期時では緩慢となった。

表-2 ニンジンの栽培法と収量

生育と栽培		栽培日数(播種後の日数)							
生育	栽培区	30	50	70	80	90	100	110	120
葉重 (g)	Y	24.4	45.7	62.8	73.2	84.5	87.2	88.4	89.1
	N	21.7	38.3	57.7	67.6	79.1	80.3	80.7	82.6
	C	24.2	45.5	61.3	72.8	84.1	86.9	88.2	88.7
根重 (g)	Y	2.6	14.2	54.4	170.7	196.5	208.0	280.2	282.5
	N	1.8	13.7	51.2	152.4	189.7	197.6	243.5	247.6
	C	2.4	14.4	53.7	169.5	190.3	204.4	279.8	280.1
葉数 (枚)	Y	1.8	2.5	10.5	11.2	17.4	20.2	21.1	21.7
	N	1.2	2.1	8.7	9.6	13.4	17.7	18.5	19.4
	C	1.7	2.5	10.2	11.1	17.9	19.9	21.2	21.3
根長 (cm)	Y	7.5	13.2	16.6	17.2	17.8	18.8	19.4	20.1
	N	6.4	12.7	15.8	16.0	16.8	17.3	18.4	18.9
	C	7.4	13.0	16.2	17.0	18.0	18.3	19.1	19.9
収量 (Kg)	Y	54.7	89.9	198.6	200.8	200.3	209.4	210.5	211.3
	N	44.7	70.5	147.9	148.7	152.9	157.6	168.1	170.2
	C	52.6	89.5	196.7	199.8	200.1	206.5	209.8	210.7

*葉重・根重・葉数・根長 = 10n 収量 = kg/a

*収穫(栽培 120 日)ニンジンの首部の太さ(10n)

() は C 区 4.8cm を基準 100%とした比較増減率

Y 区首部 = 5.1cm (+ 6.2%) N 区首部 = 4.2cm (- 12.5%)

栽培過程での生長度比較では、栽培初期では全般的に肉眼的にはさほど差異を有しないが、栽培 50~100 日に渡っては肉眼的及び数値的に顕著な差異を有した。

葉重では全栽培区で類似した様相を呈し、生長初期の栽培 50 日前後で顕著に差異を有し、生長に従い栽培終期での差異は比較的微差となる傾向を呈した。

葉数でも葉重と同様の傾向を呈し、栽培初期は顕著に大差を有するが生長終期の栽培 120 日では微差となった。

根部の生長では、全栽培区で葉部と異なり生長初期の栽培 50 日では生長度は微差であるが、栽培終期の 120 日では顕著な差を有する結果を呈した。

この結果から、ニンジンの栽培では有機施肥栽培法が最適であり、次いで近年多用される有機配合肥料栽培法が適し、無施肥栽培では前 2 者に比して顕著に劣ることが認められ、とくに、収量に最大限に影響する根部の生長の良否を決定する根重に大差を呈した。

収量比較では、葉部及び根部と異なり栽培初期から終期に至りほぼ同程度の差異を呈したが、生長度に比して差異は大きく施肥栽培区と無施肥栽培区の差は 20% 前後となり、施肥の有効性が顕著となった。

栽培区別生長度及び収量では Y>C>N の順に良好であった。

収穫時(栽培 120 日)での各栽培区の比較(C 区を比較基準として増減率)では
 葉重 : C=100% Y= + 0.45% N= - 6.9% 葉数 : C=100% Y= + 1.8% N= - 9.0%
 根重 : C=100% Y= + 0.85% N= - 11.6% 根長 : C=100% Y= + 1.0% N= - 5.1%
 収量 : C=100% Y= + 0.28% N= - 19.3% _____ : 差異が顕著

2) 栽培区別生鮮ニンジンの栄養成分含有量

表 3-1 ニンジンの成分含有量 (主要成分 = g、無機質 = mg/100g/5n)

S	E	蛋白質	脂質	炭化	灰分	Na	K	Ca	Mg	P	Fe
Y		0.73	0.11	10.22	0.87	25.21	285.61	29.43	13.25	26.34	0.24
N		0.54	0.08	9.14	0.66	23.73	280.23	28.78	12.67	25.55	0.20
C		0.71	0.13	10.17	0.81	24.89	285.57	29.42	13.21	26.45	0.26

表 3-2 ニンジンのビタミン類含有量 (100g/5n)

S \ E	Cro(μg)	VE(mg)	VK(μg)	VB ₁ (mg)	Nia(mg)	VB ₂ (mg)	Fa(μg)	VC(mg)
Y	9200	0.60	3.20	0.06	0.85	0.05	29.20	4.25
N	8700	0.50	2.90	0.06	0.75	0.05	28.75	3.96
C	8800	0.60	3.10	0.06	0.78	0.05	29.25	4.10

* E=栄養成分、S=栽培区分、炭化=炭水化物

* 収穫後 3 時間 (水分=皮付き C 区 : 92.8%、Y 区 : 93.2%、N 区 : 93.4%)

* Cro = カロテン、Nia = ナイアシン、Fa = 葉酸、

* 分析法は「五訂日本食品標準成分表分析マニュアル（平成 9 年）」に従がい、日立製高速液体クロマトを用いて分析。

A) 生鮮ニンジンの栽培区別主要成分比較では、総合的含有量では生長度及び収量と同傾向を示し、Y>C>N の順に多となった。

含有量比較は栽培 C 区を基準 (100%) とした。

蛋白質含有量では、Y 区 = + 2.8%、N 区 = - 24.0% となり、N 区が顕著に劣り、Y 区は僅かに優れる結果となった。生長時の葉数が顕著に劣った結果から蛋白質合成能としての窒素固定性が劣るためか、Y>C>N の順に多となった。

脂肪含有量では、含有量自体は極めて少ないが栽培法による格差は顕著で Y = - 15.4%、N = - 38.5% の大差を呈し、生長度や収量と異なり C > Y > N の順に多となり、有機配合施肥中の動物性骨粉に由来して C 区が多含したと考えられる。

炭水化物含有量は、Y 区と C 区の差は微少で Y = + 0.5% となり、一方、N 区では差異は顕著で N = - 10.2% となった。炭水化物の合成には水と炭素が不可欠であり、生長時での葉数が少ないとから合成度が劣化し、葉数の多い Y 区や C 区に比して含有量が少ないと結果となり、Y>C>N の順に多となった。

灰分含有量では、炭水化物含有量と類似した傾向で Y>C>N の順に多となり、Y = + 6.1%、N = - 24.7% となった。

B) 生鮮ニンジンの栽培区別無機質含有量比較では、主要成分と同様に C 区を基準に比較した。総合的には主要成分と同様に Y>C>N の順に多となった。

Na 含有量は Y = + 1.2%、N = - 4.3% と微差となり、Y>C>N の順に多となった。

K 含有量では Y>C>N の順となり、Y = + 0.01%、N = - 1.9% と微差であった。

Ca 含有量は Y = + 0.03%、N = - 2.2% となり、Y>C>N の順に多となった。

Mg 含有量は Y>C>N の順に多く、Y = + 0.3%、N = - 4.1% となった。

P 含有量は他の無機質と異なり C>Y>N の順に多となり、Y = - 0.5%、N = - 3.5% となった。

Fe 含有量は、C>Y>N の順に多となり P 含有量と同傾向を呈し Y = - 7.7%、N = - 23.1% と大差を有した。

各無機質含有量率は大差であっても実質的な含有量は微少であることから、品質を左右する要因となるほどの影響力は無いと考えられた。

C)生鮮ニンジンのビタミン類含有量の比較は、主要成分や無機質と同様に栽培区間で C 区を基準に比較した。総合的な含有量は他の含有量成分と同様に Y>C>N の順に多となる傾向を呈したが、VB₁ 及び VB₂ では全栽培区間で差の無い結果となった。

Cro 含有量は、Y>C>N の順に多となり、Y= + 4.5%、N= - 1.2%となり、ニンジンの表皮の色彩に最も影響する赤黄色色素としての含有量は数値的には差を有したが、肉眼的な色調差はほとんど認められなかった。

VE 含有量では、施肥の有無による差が顕著で Y=± 0 %、N= - 16.7%となり、葉数差が大きくなれば光合成能力差も大となり、終局的に VE 含有量にも大差を生じ Y=C>N の順に多となった。

VK 含有量は Y>C>N の順に多となり、Y=+ 3.2%、N= - 6.5%となった。

VB₁ 及び **VB₂** 含有量では、他のビタミンと異なり全栽培区間で差が無く、施肥の有無及び葉数及び根長に左右されず、合成蓄積能は栽培法に影響されないことが示唆された。

Nia 含有量では、数値的には顕著な差を呈するが、含有量自体は極めて微量であり Y>C>N の順に多となり、Y=+8.9%、N= - 3.9%となった。

Fa 含有量では、葉数及び繁茂状態により蓄積能に影響することが知られるが、ニンジン栽培ではホウレンソウなどの葉物野菜と異なり、根部の生長に影響される傾向を示し、C>Y>N の順に多となり、Y=- 0.2%、N= - 1.8%となった。

VC 含有量は、一般的に最もニンジンを食す場合に Cro(VA)と共に含有量が注目されるが、含有量自体は他の野菜に比して多含される量ではなく生長度に比例する傾向が示唆され、Y>C>N の順に多となり、Y= + 3.6%、N= - 3.5%となった。

以上の結果から、栽培区別に見た生鮮ニンジン中のビタミン類の含有量は、総合的には有機肥料施肥栽培区が最良であり、次いで有機配合施肥区が良好となり、無施肥区では、含有量自体も施肥区に比して減少する傾向となった。

[4]ま と め

金時ニンジンの生長度は、無施肥・無農薬栽培区(N 区)では有機肥料(Y 区)及び有機配合肥料施肥栽培区(C 区)と比較すれば、播種直後から栽培初期の 30 日(播種後)間では殆ど差は認められないが、栽培中期の栽培 50 日から栽培 100 日間で顕著に生長格差を呈し、以後栽培終期の収穫期の栽培 120 日に至って生長差は微差となる傾向を示し、総合的に Y>C>N の順となった。

収量では、生長度に準じる傾向となり、Y 区が最も優れ、次いで C 区となり、N 区が最も劣り、Y 区と C 区間では殆ど差が無く N 区は約-20%と大差を有し、総合的には Y>C>N の順に多収となった。

一方、含有成分では主要成分及びビタミン類ともに Y・C 区が多含し、N 区が劣り、総合的には品質面でも劣る結果となり、総合的には Y>C>N の順に多となるが、肉眼的には顕著に品質面で劣る状態ではない結果を得た。

無施肥無農薬栽培法における除草方法が 水稻の生育・収量に及ぼす影響（第3報）

報告者 丸田信宏・竹内史郎（NPO 無肥研）

一般的に水田稻作において、稻の生育に影響を及ぼす要因として、品種や気象などの環境、施肥・灌水などの栽培管理などがあげられる。一方で、無施肥無農薬栽培（以下無施肥栽培）においては、除草管理方法の違いが作物の生育と収量に影響する場合が多い。そこで京都府亀岡市において1993年および2009年から、それぞれ無施肥栽培を継続している隣接する2筆の水田（以下それぞれK1水田およびK2水田という）で、2009年より除草の回数とその時期が水稻の生育・収量に及ぼす影響を調査している。2009年の調査より、この水田では5回除草をするは必要なく、4回もしくは3回で充分であると考えられた。2010年の調査では、無施肥へ転換中の水田では、除草回数が多く、1回目の除草は早いほうが良いと考えられた。2009年は冷夏、2010年は記録的な猛暑だったので、収量の推移にも着目して調査を行った。この報告は3年目の調査結果である。

1. 栽培概要

品種は今年度も秋の詩を用い、3月22日にポット育苗箱に、1ポットあたり3粒ずつ播種し、その日より折衷苗代へ置床・湛水を行い育苗した。5月20日に機械植えで田植え（約17株/m²）を行った。雑草管理は下記の試験概要通り機械で行った。収穫約3週間前まで常時湛水状態を維持し、10月4日に収穫した。

2. 試験概要

試験区は、K1、K2両水田とも表1の4区とした。

除草機はスクリュー型で約5~6cm下層から土を掻きあげ、雑草を浮かせる動力式歩行型を使用して行った。試験区は下図（図1）のように定めた。生育・形質調査区では連続する10株について、1株茎数・草丈・最上位葉のSPAD値（単位葉面積当たり葉緑素量に比例する数値）を2週間毎に計測し、収穫後に1株茎数・稈長・穗長・1穗重などの主要形質を測定した。また雑草採取区（1m²）では、各除草時に、該当除草区内（各1区と3区の2反復）に生えている全ての雑草を採取し、草種とそれぞれの生育量を調査した。

参考値として近隣の慣行施肥栽培水田（以下 F 水田という）の連続 10 株について、調査田と同時に 2 週間ごとに生育調査した（F 水田では、キヌヒカリを栽培しており、5 月 13 日に田植え、9 月 3 日に収穫した。雑草調査は行わず）。

さらに今年度は、環境の異なる無施肥無農薬水田として、京都府宇治市小倉の水田（無施肥継続 9 年目、以下 O 水田という）と、同地において、表層土のみ 1951 年より無施肥を継続している水田（以下 R 水田という）、滋賀県野洲市の水田（無施肥継続 17 年目、以下 Ys 水田という）でも同様の生育調査と雑草採取を行った。（なお、Ys 水田では D 区を設定しなかった）

第1表:各試験区の除草回数と除草日

区	除草回数	除草日				
		6/5	6/15	6/25	7/5	7/15
A	4 回	○	○	×	○	○
B	4 回	×	○	○	○	○
C	3 回	○	×	○	×	○
D	0 回	×	×	×	×	×

○は除草実施

×は除草なし

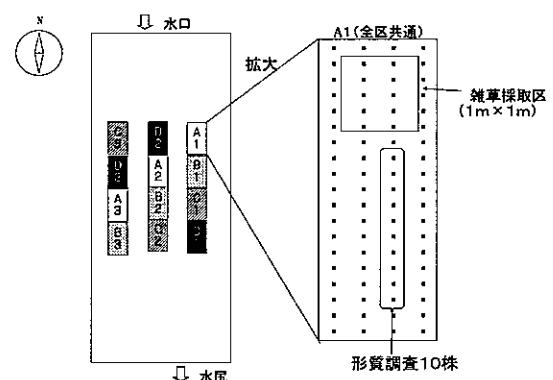


図 1 各水田内の試験区の配置と
1 試験区の拡大図

3. 試験結果

3-1 収量に及ぼす除草回数

・除草時期・雑草量の影響

K1 水田では、収量と除草処理の間には一定の傾向は認められなかつたが、BC 区と AD 区との間に僅かな収量差が見られた（図 2）。雑草量は、A > C > B の順に多かった。長期継続している K1 水田では、雑草量と収量との間には負の関係があることが認められた。

K2 水田でも、収量と除草処理の間

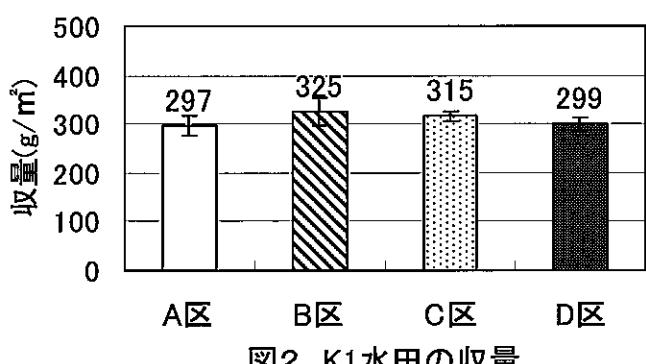


図2 K1水田の収量

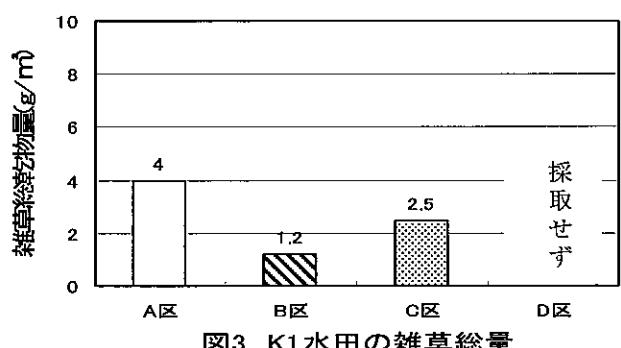


図3 K1水田の雑草総量

には一定の傾向は見られなかった（図3）。K2水田は、浮き草が水面を覆い（17.5g/m²以上）、地表面にはほとんど雑草が見られなかったことから、雑草管理の違いが収量に影響を及ぼさなかったものと思われた。

3-2 生育に及ぼす無施肥栽培

継続年数の影響

草丈は7月中旬から8月末頃にK1水田よりK2水田の生長が大きかった（図6）。

生育調査項目の中で最も顕著な差が現れたのは茎数であった（図7）。K2水田では6月下旬から7月中旬までに大きく茎数の増加が見られ、K1水田との差が広がった。その後、茎数はK1、K2水田共にやや減少し、以降横ばいとなった。K2水田で茎数が多くなったのは、2008年までの施肥による残留養分が影響したものと考えられる。なお、F水田に見られる6月の急激な茎数増加は施肥栽培に一般的に見られることで、基肥の無機態Nの効果によるものであろう。

K1、K2水田のSPAD値は、7月初旬に最高に達した後、減少し、8月中旬にわずかではあるが増加している（図8）。このようにSPAD値が減少後、8月末に増大する現象は、無施肥水田ではしばしば観察されており、地温上昇による土壤N無機化量の増加と、生育後期まで根が養分を吸収する能力が保持されていることに起因すると解釈されている。F水田の7月下旬のSPAD

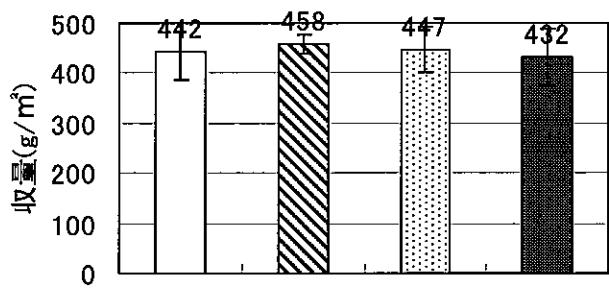


図4 K2水田の収量

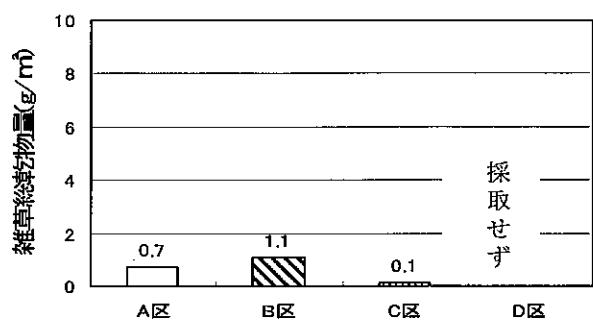


図5 K2水田の雑草総量

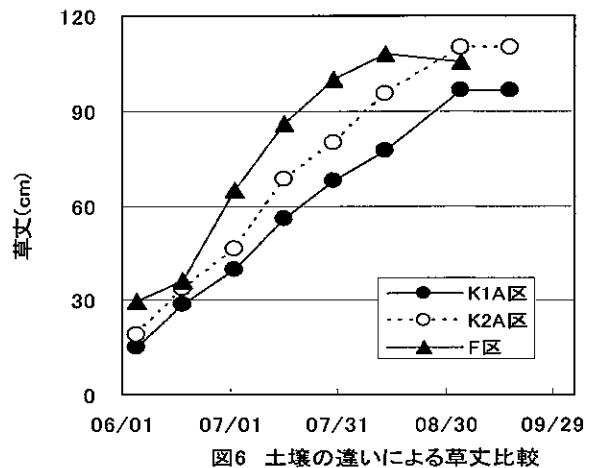


図6 土壌の違いによる草丈比較

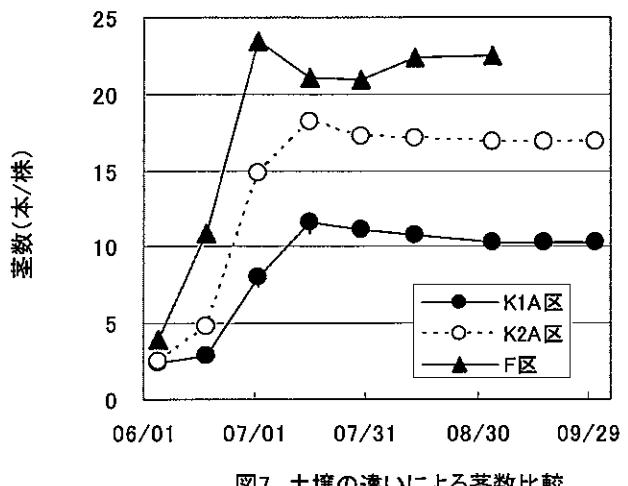


図7 土壌の違いによる茎数比較

値の増大は追肥の影響だと考えられる。

3-3 3年間の比較

K1 水田では茎数・草丈・SPAD 値とともに大きな年次間差は見られなかった(図 9)。K2 水田では、2010 年に茎数が少なかつたが、これは気象記録から考え、6 月下旬の日照不足のためだと考えられる(図 10)。このことは、無施肥無農薬栽培を長期間続けることが、気候などの環境変化の影響を受けにくくすると考えられる。

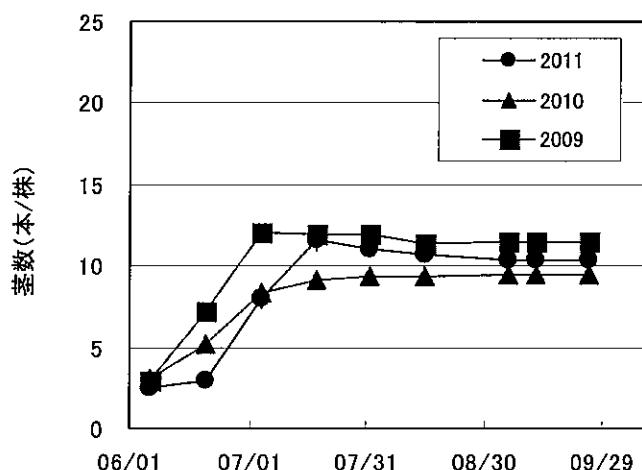


図9 3年間のK1の茎数比較(A区)

また SPAD 値の推移を比較してみると、K2 水田では無施肥転換 1 年目の 2009 年、2 年目の 2010 年は共に 7 月初旬に最大値を示した後、減少するだけだったが、3 年目の 2011 年には、減少後、8 月下旬の出穂時期に値が増加した(図 11)。この時期に SPAD 値が増加する現象は、施肥栽培では追肥を行うことで現れるが、無施肥栽培を続けていくと自然に増加することが多くの水田で認められ

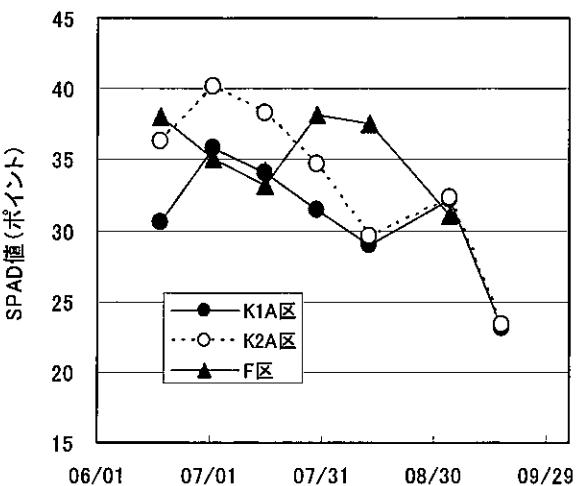


図8 土壌の違いによるSPAD値比較

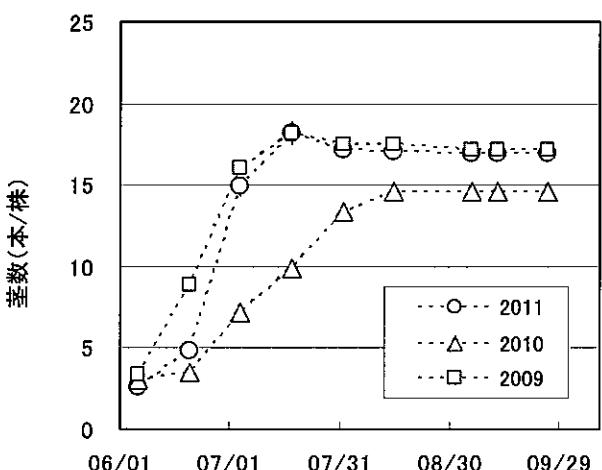


図10 3年間のK2茎数比較(A区)

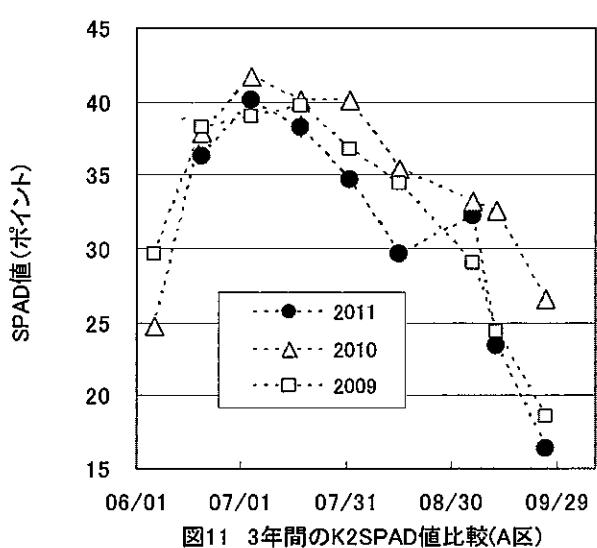


図11 3年間のK2SPAD値比較(A区)

ている（図12）。このことから、K2水田では、無施肥に転換して3年目くらいから無施肥水田の特徴が現れてきたとも考えられる。ただ、同じ水路から取水しているK1にはあまり見られない浮き草が、K2には大量発生しており、浮草はリン酸などの養分が多いところに発生しやすいとされていることから、転換3年目では、土壤に残存している肥料成分の影響はまだ残るようである。

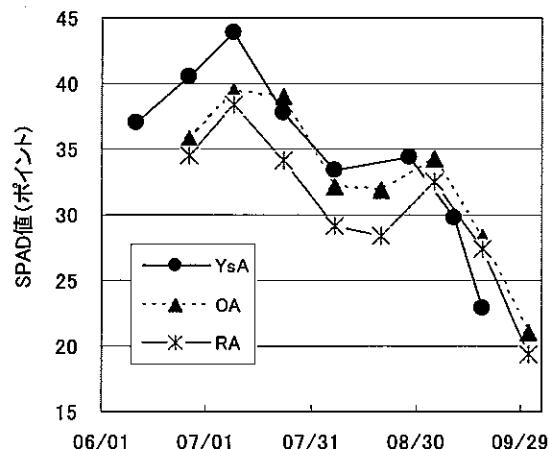


図12 水田の違いによるSPAD値比較

収量を3年間比較してみると、K1・K2水田の全ての区において、今年の収量は3年間で最も多かった（図13）（図14）。前報において、2010年にK2の収量が大きく落ち込んだ理由は、残留施肥栄養分が減少して茎数が少なくなったためであると推測したが、2011年に再び増収したことから、2010年の減収は天候の影響を大きく受けたことが原因と考えられる。一方2010年のK1の収量が大きく落ち込まなかったのは、無施肥無農薬栽培を長期間続けることが気候不順による影響を受けにくくしたからとも考えられる。

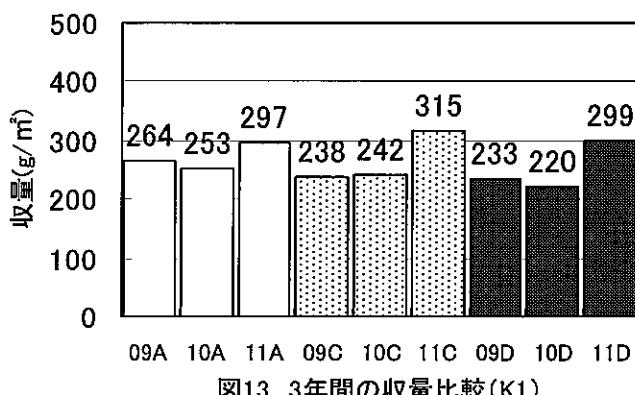


図13 3年間の収量比較(K1)

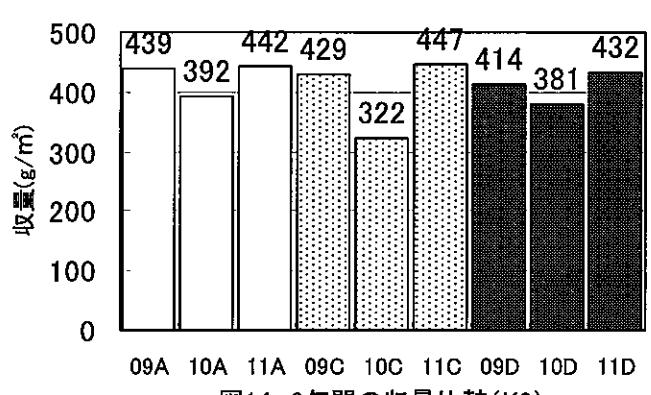


図14 3年間の収量比較(K2)

4. 考察

今回も除草の回数と収量との関係は充分に解明できなかったが、雑草が少ない方が収量が多くなる傾向が見られた。しかし、他の無施肥無農薬水田では、K1、K2水田とはまた違う結果が出た（図15、図16）。このことから、除草時期・回数については、雑草量を減らすのに最も適切な方法・時期は土壤条件・気象条件・雑草の種類などによって異なると考えられる。今回K1

水田で、ABC 各区間で大きな差が出なかったのは、どの区も 50 日目に除草を行ったことも一因であろうと考えられる。今年度は、止め草（最終の除草）の時期を調査する区の設定を考え、この水田で最も適切な止め草の時期を探っていきたい。

転換中の K2 水田は、転換前に施用された肥料分が少しづつ減少して収量も減少していくと思われていたが、そうではなかった。2 年目の大幅な収量減少は気候による影響を大きく受けたと考えられる。無施肥栽培へ転換しても、3 年間では大幅な減収にはならないと考えられるが、今後も収量の推移を見ていきたい。K2 の SPAD 値の推移を見てみると、無施肥の特徴が現れつつあるが、浮き草の発生などの大きな違いも見られるので、更なる調査が必要だと考えられる。

2009 年は冷夏、2010 年は記録的な猛暑、2011 年は短い梅雨という環境の下で調査を行ったので、得られたデータが例外的なケースという事も考えられる。今後も調査を続けていく事でさらに考察を深めていきたい。

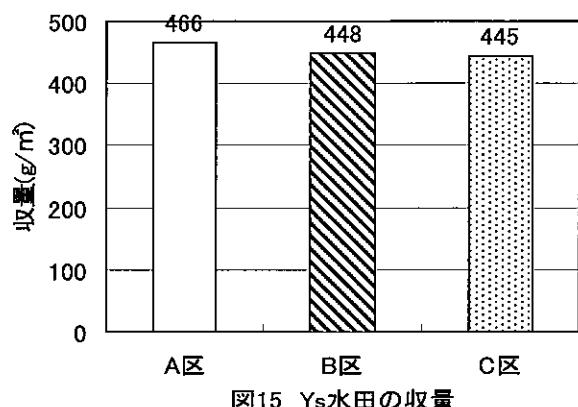


図15 Ys水田の収量

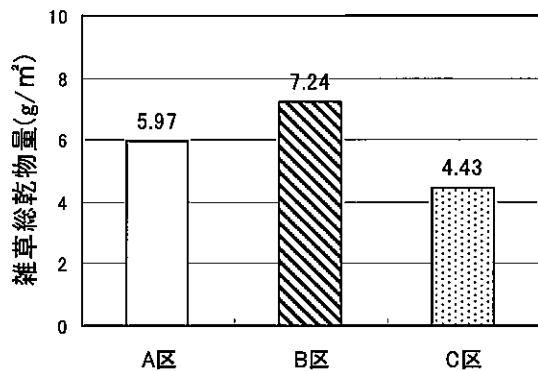


図16 Ys水田の雑草総量

小倉圃場におけるケイ酸動態の特徴と水稻のケイ酸吸收

岩本啓己¹⁾・本間香貴¹⁾・廣岡義博¹⁾・神林満男¹⁾・棄田光雄^{1,2)}・白岩立彦¹⁾

¹⁾京都大学大学院農学研究科・²⁾NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会

ケイ酸は植物の必須元素とは認められていないものの、イネ(*Oryza sativa L.*)にとって有用元素と位置付けられており、ケイ酸含有率の高い水稻葉身は水分状態を良好に保つため光合成速度が高まることが報告されている(間藤ら 1991)。また、すでに知られているように、いもち病などの病害の発生抑制効果があり、これは無農薬という条件のもとで安定した生産を続けるために重要と考えられる。これまでに無施肥条件でイネのケイ酸含有率が高まると示唆する報告もある(住田 1992)が、水田でのケイ酸の動態やイネ植物体による吸収支配要因など、不明な点も多い。

ケイ酸も他の無機養分と同様、土壤中の液相(土壤溶液)を介して吸収される。また、ケイ酸は土壤の粘土鉱物や植物遺体からの溶出、および灌漑水中の溶存ケイ酸の流入によって土壤溶液に供給される。そのため、水田におけるケイ酸動態を把握するには、灌漑水と土壤溶液の経時的な測定が必要となる。さらに、ケイ酸吸収速度におけるイネの品種間差異についての知見は現状では非常に限られている。本研究では、京都市の京都大学大学院農学研究科附属京都農場(以下、京大圃場)を対照に、宇治市のNPO 無施肥無農薬栽培調査研究会小倉圃場(以下、小倉圃場)におけるケイ酸動態を評価し、イネによるケイ酸吸収とその品種間差について調査を行った。

材料および方法

【供試圃場・処理区・品種】

2011年に小倉圃場と京大圃場において、6品種を用いた栽培試験を行った。小倉圃場は、2003年から8年間無施肥無農薬で栽培している小倉区と、1951年から無施肥無農薬で栽培していた水田(滋賀県栗東市; 栗東水田)の土の表層15cmを2006年に客土しその後も栽培を続け、無施肥無農薬栽培を通算60年間継続している栗東区で構成される。京大圃場には、基肥・追肥ともに行わなかった無施肥区、基肥N:P₂O₅:K₂O=5:5:5 [g/m²]を6月1日に施用し追肥を行わなかった少肥区、基肥N:P₂O₅:K₂O=5:5:5 [g/m²]を6月1日に、追肥N:P₂O₅:K₂O=5:5:5 [g/m²]を7月22日・8月3日に半量ずつ施用した標準区の3区を設けた。小倉圃場では6月7日、京大圃場では6月2日に、6品種を条間30cm、株間15cmの22.2株/m²の栽植密度で、1株1本で手植えした。試験区は3反復乱塊法で配置した。

供試品種として用いたベニアサヒ(水稻ジャポニカ)は栗東水田の無施肥無農薬栽培で自家採種により継代された品種で、無施肥無農薬条件に適していると考えられる。日本晴(水稻ジャポニカ)とKasalath(水陸稻インディカ)はジャポニカとインディカの標準品種として加えた。さらに、米粉や飼料米などの新規需要米の一つであるタカナリ(多収性水稻インディカ)、節水栽培用にインドネシアで育成されたB6144F-MR-6-0-0(B6144F)(多収性水陸稻インディカ)、小倉圃場での乾物生産性に優れていたBei Khe(水稻インディカ)を加えた計6品種で試験を行った。

【植物体のサンプリングと分析】

移植時・移植3週後・移植6週後・出穂2週前・出穂期・出穂2週後・成熟期の計7回(Bei Kheのみ移植9週後を含む計8回)、植物体地上部の乾物重を測定した。また、測定後の試料を用いて1.5mol L⁻¹ フッ化水素酸-0.6mol L⁻¹ 塩酸で抽出してモリブデンイエロー比色定量する方法(Saito et al. 2005)で、ケイ酸含量を定量した。

【土壤および土壤溶液等のサンプリングと分析】

供試圃場の土壤を湛水前の4月下旬に採取し、可給態ケイ酸量をpH6.2リン酸緩衝液抽出法(日本土壤協会2001)で求めた。また、土壤溶液(表層から10cm)を、日本晴の植物体サンプリングと同時期に計7回、各処理区の日本晴の群落内から採取し、ケイ酸濃度とアンモニア態窒素濃度を求めた。

結果および考察

1) 土壤の可給態ケイ酸と土壤溶液中のケイ酸濃度の関係

栽培前の土壤における可給態ケイ酸量(表1)は、栗東区で18.3mg/100g乾土、小倉区で16.9mg/100g乾土、京大圃場で9.9mg/100g乾土であり、無施肥栽培を継続している小倉圃場で高い値を示した。土壤溶液中のケイ酸濃度は、移植～移植6週後の期間において京大圃場3区で20ppm以上の値を示し、それ以後も概ね10ppm以上で推移した(図1)。一方、小倉圃場2区では作期を通して概ね10ppm以下となり、京大圃場での値を下回った。灌漑水中のケイ酸濃度は、小倉圃場で移植3週後以降4ppm前後の値で推移したのに対し、京大圃場では移植3週後に7ppmの高い値を示したのち低下し、7月27日(日本晴出穂2週前)以降は小倉圃場よりも低い値を示した(図2)。

表1 土壤の可給態ケイ酸量

圃場	SiO ₂ mg/100g乾土	
小倉圃場	栗東区	18.3
小倉圃場	小倉区	16.9
京大圃場		9.9

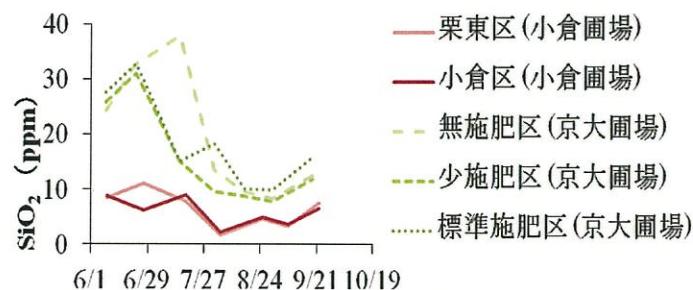


図1 土壤溶液中のケイ酸濃度の推移

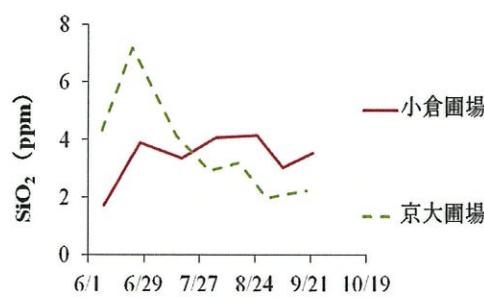


図2 灌漑水中のケイ酸濃度の推移

以上のように栽培前の土壤を用いたpH6.2リン酸緩衝液抽出法による可給態ケイ酸量とは異なり、土壤溶液中のケイ酸濃度は京大圃場で高く、小倉圃場で低かった。土壤溶液中のケイ酸濃度の違いの一部は、灌漑水中のケイ酸濃度の違いによって説明されると考えられるが、両者の動態は完全には一致せず、特に生育後半の違いは説明できなかった。京大圃場のpHは小倉圃場に比べてやや低く、一般にpHが低いほど土壤の粘土鉱物からのケイ酸の溶出が増加するとされているため、pHの違いがケイ酸供給に関与していたと考えられる。土壤溶液中のケイ酸濃度の動態の解明には、湛水培養法による可給態ケイ酸量の評価や、湛水によるpHの変化、あるいは土壤中のケイ酸の形態等の評価が必要であると考えられた。

2) 水稲の生育時期別のケイ酸吸収とその品種間差異

イネのケイ酸含有率は、いずれの品種についても移植6週後以降急激に増加したのち、出穂期

以降は横ばいに推移していた(図3)。移植6週後から出穂にかけては植物体の乾物生産量も大きく増加する時期であるため、濃度と乾物重の積であるケイ酸含有量は、移植6週後ころから急速に増加した(データ省略)。この含有量が増加する時期と、土壤溶液中のケイ酸濃度が減少する時期は一致するため、図1における変化には植物体による吸収も関与していると考えられた。ケイ酸含有率を品種間で比較すると、作期全体を通して、ジャポニカ品種(ベニアサヒ・日本晴)が、インディカ品種に比べ高かった。

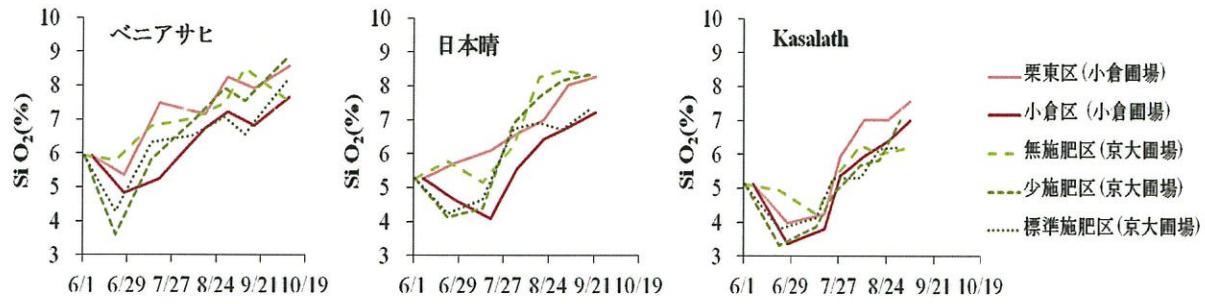


図3 ベニアサヒ、日本晴、Kasalath の地上部ケイ酸含有率の推移

イネの作期を移植時～移植6週後、移植6週後～出穂期、出穂期～成熟期の3期間に区分して、各期間の乾物生産量当りのケイ酸吸収量($\Delta \text{SiO}_2 \text{ g} / \Delta \text{DW g}$)を算出すると、図4のようになつた。この指標($\Delta \text{SiO}_2 \text{ g} / \Delta \text{DW g}$)は、イネのケイ酸吸収力を表すと考えられている(長谷部・飯村 1986)。この指標によると、移植時～移植6週後と移植6週後～出穂期においては、ジャポニカ品種がその他のインディカ品種に比べケイ酸吸収力が高かった。特にベニアサヒは移植時～移植6週後において他品種より非常に高かった。その後、出穂期～成熟期では、ケイ酸吸収力に日印品種間で差異は見られなくなった。こうしたことから、ケイ酸含有率の日印品種間の差異は、主に出穂期までに形成されたといえる。

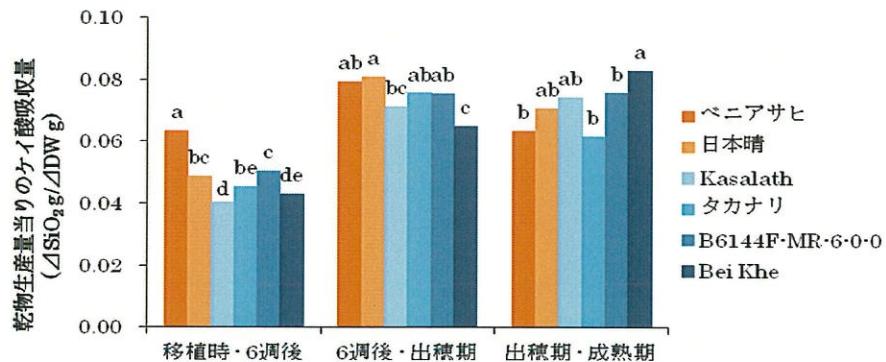


図4 イネ地上部の生育期間別の地上部乾物生産量当りのケイ酸吸収量 ($\Delta \text{SiO}_2 \text{ g} / \Delta \text{DW g}$)
($\Delta \text{SiO}_2 \text{ g} / \Delta \text{DW g}$ はケイ酸吸収力を表す指標と考えられている。
異なるアルファベットは5%水準で有意差あり)

イネのケイ酸吸収量は京大圃場の標準施肥区で大きく、小倉圃場の栗東区で小さかつた(データ省略)。この違いは主に乾物生産量の差異に起因する。ケイ酸含有率は栗東区で高い傾向を示したもの、小倉区ではむしろ低かった。イネの生育時期別のケイ酸吸収力で示すと、栗東区では移植時～移植6週後までの値が特に高いことがわかつた。

3) ケイ酸吸収と土壤溶液中の養分濃度との関係

移植時～移植 6 週後、移植 6 週後～出穂期、出穂期～成熟期の 3 期間それぞれの土壤溶液中のケイ酸濃度と、イネ地上部のケイ酸吸収力を表す $\Delta \text{SiO}_2 \text{ g} / \Delta \text{DW g}$ との間には相関は見られなかつた(データ省略)。多窒素環境下ではケイ酸含量が低下するとされているため、土壤溶液中の NH_4/SiO_2 比と植物体のケイ酸吸収力の関係を調べた(図 5)。ケイ酸に対してアンモニア濃度が高い環境では、ケイ酸吸収力が低下することが示唆され、特に移植から～移植 6 週間後の相関が高かった。栗東区の植物体の比較的高いケイ酸濃度は、初期のアンモニア態窒素濃度の低さに起因すると考えられた。一方小倉区では土壤溶液中の NH_4/SiO_2 比が比較的高いため、無施肥条件であるにもかかわらずケイ酸含量が低いと考えられた。

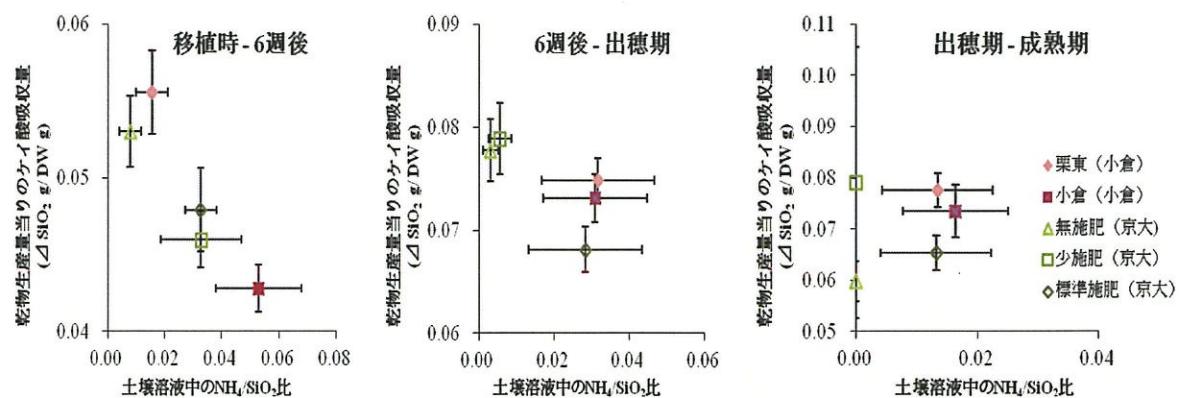


図 5 土壤溶液中の NH_4/SiO_2 比と乾物生産量当りのケイ酸吸収量

(エラーバーは標準誤差を示す)

土壤溶液中のアンモニア態窒素がイネ地上部のケイ酸濃度の低下をもたらす要因としては、イネの窒素吸収量が増加し乾物生産量が増加したことで吸収したケイ酸が希釈されたこと、高橋(1982)の報告にあるように、アンモニウムイオンとケイ酸イオンの共存そのものが吸収を抑制したこと、などが考えられる。この現象の詳細な機作については、今後さらに検証が必要である。

ケイ酸の吸収は蒸散流に依存するとされているが、タカナリは日本晴よりも蒸散速度が高い(Kanemura et al. 2008)にも関わらずケイ酸含有率が低く、ケイ酸の吸収の品種間差には蒸散流以外の要因も関与していると考えられる。いずれにせよ土壤溶液のケイ酸とアンモニア態窒素だけではケイ酸吸収を完全には説明できず、今後は植物体の要因を含めた解析が必要と考えられた。

結論

土壤分析による可給態ケイ酸量とは異なり、小倉圃場の土壤溶液中のケイ酸量は低かった。植物体による吸収にはアンモニア態窒素とのバランスが関与していることが示され、栗東区では土壤溶液中の NH_4/SiO_2 比が小さいことにより、植物体のケイ酸含有率が高まっていることが示唆された。しかし小倉区の植物体ケイ酸含有率は低く、無施肥栽培で必ずしもケイ酸濃度が高まるわけではないことがわかった。無施肥環境下で植物体のケイ酸含有率を高めるには、中干しや冬季の水管理などの影響を評価する必要があると考えられる。

ケイ酸含有率は、作期を通してジャポニカ品種でインディカ品種よりも高い傾向にあり、ベニアサヒは特に高かった。今後は蒸散量との関係など植物体の要因を考慮して解析する必要があると考えられた。

2011 年度 無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較実験

(2012.3.18)

報告者 家田善太・竹内史郎 (NPO 無肥研)

1. 実験意図・経緯

宇治市小倉にある 2003 年より無施肥無農薬栽培を継続している水田の一部 (10a) に、滋賀県栗東市にて 1951 年より無施肥無農薬栽培を継続していた水田の表土を 2006 年に移設し栽培比較実験を行っている。

宇治市小倉にて従来どおり栽培している区 (25a) を○水田とし、栗東の土壤を移設した部分 (10a) をR水田とした (2008 年度報告参照)。

移設した初年の 2007 年には、R水田の水稻収量は栗東水田時代や○水田と比べても低収であった。そこで R 水田の低収の原因を究明し、増収および無施肥無農薬栽培に適した栽培法の探求を目的に、この両水田の生育および収量調査を 2008 年より継続して実施している。

2007 年から 2010 年の収量調査の結果、R 水田の収量は回復せず、どの年も○水田の収量が R 水田より多かった。また収量に穗数が大きく影響していることが示唆された。

そこで無施肥水田での茎数増減の要因を調べるべく、以下のような実験を実施した。

2. 実験方法

2-1 栽培実験

○水田と R 水田の境界の畦畔を挟んで両水田に幅約 2 m, 長さ水田全長にわたる実験区 (1 区あたり 2.0m × 2.5m) をもうけ、品種実験および移植時期を異にした実験の 2 実験を実施した (図 1)。また近隣慣行栽培水田でも参考として生育および収量の調査をした。

これらの実験区では、各区 10 株の生育調査株を決めて、移植 2 週間後から収穫まで 1 ~ 2 週間間隔で生育調査を行った。測定項目は

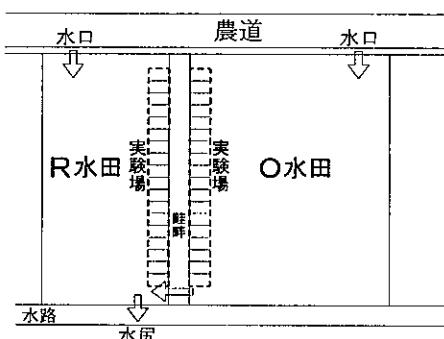


図1 栽培実験位置

草丈、1株茎数および代表葉のSPAD値の3項目とした。

それぞれの株について収穫時の主要形質を測定した。項目は稈長、穂長、1穂重、1株茎数、1株葉重、1株粒重、1株玄米重、穎果数、稔実粒数、水分率とした。

2-1-1 移植時期実験

品種はベニアサヒを用いた。早植区(播種日:4/2, 移植日:5/15)と晩植区(播種日:4/17, 移植日:6/4)を○水田とR水田それぞれの実験区に3反復設けた。条間33cm、株間18cm (16.8株/m²)とした。

2-1-2 品種実験

ベニアサヒ、秋の詩、ヒノヒカリ(すべて播種日:4/17, 移植日:6/4)の収穫時期が異なる3品種を用いた。条間33cm、株間18cm (16.8株/m²)とし、それぞれ3反復(秋の詩のみ2反復)でおこなった。

2-1-3 慣行栽培区について

近隣農家の協力を得て調査した。慣行栽培水田(施肥区)ではヒノヒカリを条間30cm、株間20cm (16.7株/m²)で栽培していた。

2-2 収量形成に対する土壤と灌漑水の貢献度比較実験(ポット栽培実験)

ポット(1/2000a)には○水田の水口土壤(0a区)と水尻土壤(0b区)ならびにR水田の水口土壤(Ra区)と水尻土壤(Rb区)および川砂(Sd区)をそれぞれ充填し、○水田の水口および水尻ならびにR水田の水口および水尻の計4箇所に各区3ポットずつ埋設した(図2)。生育経過の記録はおこなわず、収穫時の形質調査(栽培実験で計測した項目に一株根重および一株総根長を追加)のみ実施した。

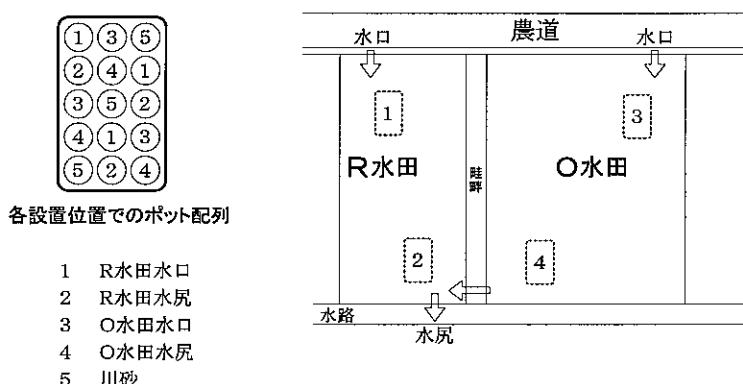


図2 ポット土壤採取およびポット設置位置

3. 結果と考察

3-1-1 移植時期の違いが収量ならびに形質におよぼす影響

R水田、O水田とも収量は早植区の方が晚植区より多かった（表1）。

穂数は晚植区の方が多い、一穂重は早植区の方が多かったことから、収量は

表1 移植時期の違いが収量構成要素に及ぼす影響

	収量 (g/m ²)	穂数 (本/m ²)	1000粒重 (g)	平均一穂重 (g/穂)
O水田 [早植]	468.6	217.2	22.1	2.85
	440.0	243.0	22.4	2.68
R水田 [早植]	364.1	172.8	22.4	2.34
	320.6	184.6	22.6	2.24

一穂重の影響を多く受けていると考えられた。なお移植時期を異にした実験をおこなった2009年から2011年まで、ほぼ同様（早植区は穂数は少ないが、収量は多い）の結果であった。

茎数の推移を比較すると、早植区は晚植区に比べ茎数増加の速度が遅く、7月初めに逆転されてからは、常に晚植区が多かった（図3）。

SPAD値の推移を比較すると、概ね早植区の方が高い値を維持している。特に幼穂形成期（8/1付近）に早植区と晚植区の差が大きく、この時期に葉緑素を多く保持することにより、大きな幼穂を形成できたと考えられた（図4）。

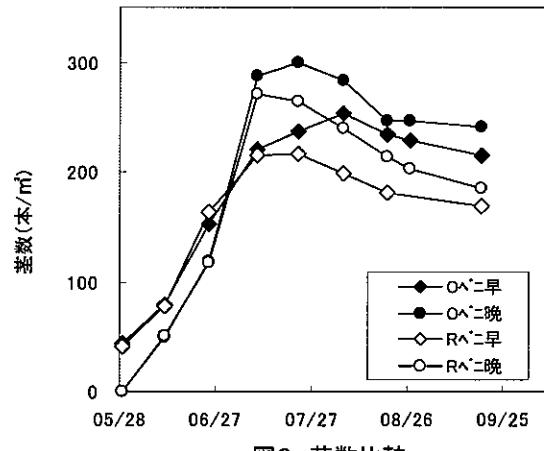


図3 茎数比較

3年間の結果だけでは、気候条件の影響も考慮されなければならないが、晚植の場合、茎数増加の速度が早くなり、葉緑体の形成に必要な養分までも分蘖に供給してしまったことが、減収につながったものとも考えられた。

またR水田とO水田を比較すると、R水田の方が早植する効果が表れた。これはR水田の方が早く最高分蘖期に到達し、幼穂形成時期にはより多くの養分を幼穂形成に供給できる状態であったためと考えられた。

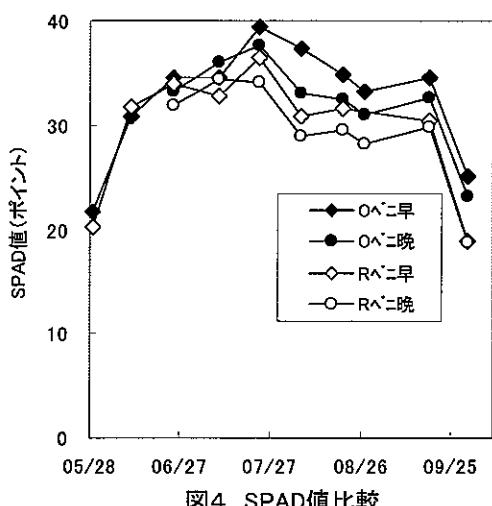


図4 SPAD値比較

3-1-2 品種の違いが収量ならびに形質におよぼす影響

R水田、○水田ともベニアサヒ（晩植区）が他の品種（ヒノヒカリ・秋の詩）に比べ無効分蘖が多かった（図5,6）。

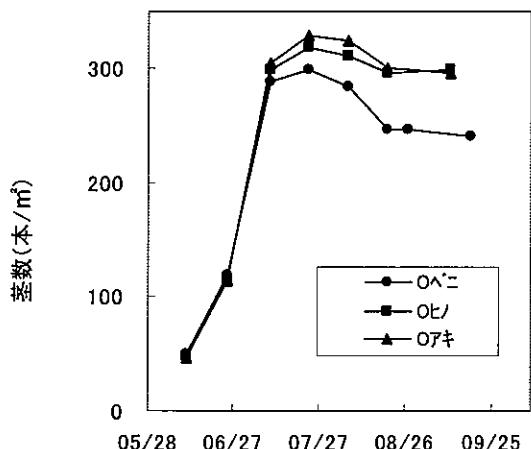


図5 塞数比較(○水田)

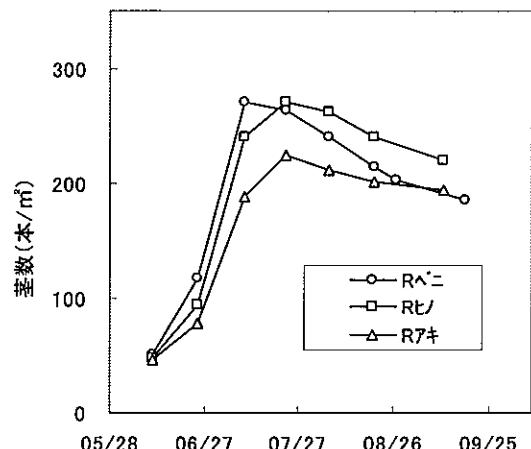


図6 塞数比較(R水田)

表2 水田毎の品種別推定収量

水田	品種	収量 (g/m ²)
○水田	ベニアサヒ	440.0
	ヒノヒカリ	460.7
	秋の詩	517.8
R水田	ベニアサヒ	350.6
	ヒノヒカリ	305.9
	秋の詩	325.8

収量を比較すると○水田では秋の詩の収量が最も高く、ベニアサヒとヒノヒカリの間に差が認められなかった（表2）。R水田では3品種とも殆ど差がなかった。このことより無施肥無農薬栽培を実施する場合は、その圃場に適した品種を発見することも重要であると考えられたが、その条件は無施肥栽培の継続年数によるのか、土壤や気象環境などによるのかは、今後の研究課題になると思われる。

3-2 収量形成に対する土壤と灌漑水の貢献度比較実験(ポット栽培実験)

Sd 区には水稻に供給する養分量が無いと仮定すると、各設置位置の Sd 区の値は灌漑水のみに依存していることになる。Sd 区ではどの設置位置も穗数に顕著な差はなかった(図 7)が、粒重では両水田とも水口部が水尻部よりも大きな値をとった(図 8)。

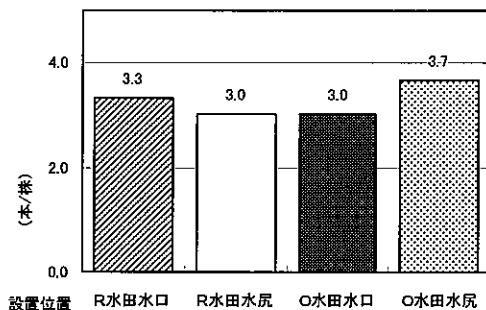


図7 設置場所にみたSd区の穗数

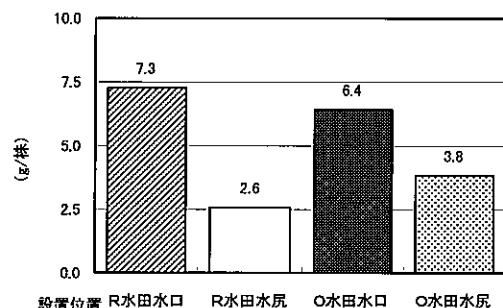


図8 設置場所別にみたSd区の一株粒重

このことから、生育中期以降において灌漑水が圃場内を流下している間にその含有養分を、土壤または稻に吸収または利用されていった可能性が推測された。

また粒重について水口部と水尻部との差は R 水田の方が O 水田よりも大きかったことから、R 水田の方が O 水田よりも灌

溉水に依存している割合が多いことが示唆された。

土壤依存率を収量に最も関係のある一株粒重について比較すると、O 水田、R 水田とも水尻に設置したポットの方が水口のそれらより大きかった(図 9)。

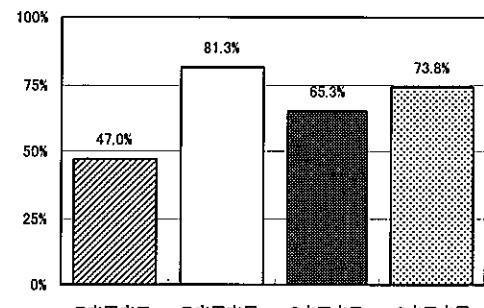


図9 設置場所別にみた一株粒重の土壤依存比率

これは長谷川ら(1978)の調査報告と同様の結果となった。長谷川らがその理由を「水中に放出された土壤養分が、灌漑水の流れによって水尻部に集まり、水稻に利用された」と推察したことをふまえると。R 水田の水尻部では土壤養分が利用されやすい状態であったと考えられた。

4. まとめ

無施肥無農薬栽培は無効分蘖を少なくすることが養分の活用の点で効果的であり、品種による違いはあるが、やや早く移植したほうが多収になる可能性があることが示唆された。

本試験場では、3年間の実験結果から、無施肥無農薬栽培の場合、収量に対して穂数より一穂重の効果が大きかった。これは通常言われている早植の効果とは逆の結果となったが、この効果が異なる気象条件や土壌環境のもとで無施肥栽培をした場合にどのように表れるかは、今後調査していく必要があると思われた。

一株粒重に対する土壌依存率は概ね水尻部の方が高く、特にR水田においてその差は顕著であった。養分供給能が栽培位置によって異なる可能性があり、水田内の位置別の土壌微生物活性などの違いについて、今後調査する必要があると思われた。

一方で水口部よりも水尻部において、生育中期以降に灌溉水の養分量が減少していることが示唆された。土壌内各地点における灌溉水と土壌との関係について、今後も調査を継続する必要があると思われた。

資料

異なる水田における無施肥無農薬栽培水稻の推定玄米重の経年変化について

小林正幸

本会が認証する無施肥無農薬栽培水田は全国 11 府県に点在し、それらの立地条件は様々である。そこで各水田における水稻の生育・収量を出来る限り調査し経年的に記録を残す努力をしている。しかし投入可能な労力に限度があり、全水田において生育調査法ならびに坪刈り法・株刈り法による推定収量の算出を実施することは困難である。ゆえに調査水田は比較的京都に近い水田に限られ、水田により調査方法や調査項目は異なっている。

2011 年は坪刈り法による収量調査を 5 力所 8 水田で行い表 1 に示し、株刈り法による推定収量の算出および収量要素調査を 8 力所の水田で行い表 2 に示した。また 8 力所の水田では坪刈り法で得た過去 13 年間の収量の推移を表 3 に示し、主な水田 5 力所の推移を図 1 に表した。株刈り法では 6 力所の水田で得た過去 8 年間の収量の推移を表 4 に示した。

表1 2011年水稻収量調査(坪刈り法による)

生産者	実施場所	実施開始年	自家採種年数	品種	全乾重 (g/m ²)	稟乾重 (g/m ²)	精耕重 (g/m ²)	精玄米重 (g/m ²)	推定玄米重 (kg/10a)	備考
無肥研	宇治市小倉	(1995)	60	ベニアサヒ	919	547	373	301	303.7	注1
無肥研	宇治市小倉	2003	60	ベニアサヒ	1,078	621	457	374	378.7	
上田修一	京都市山科区	1965	40	農林16号	783	453	330	269	274.7	注2
上田修一	京都市山科区	1965	60	ベニアサヒ	683	412	271	220	221.3	注2
無肥研	京都府亀岡市	1993	8	秋の詩	757	423	334	268	272.8	
無肥研	滋賀県野洲市	1989	23	もち	933	496	437	348	350.2	
無肥研	滋賀県野洲市	2003	8	コシヒカリ	900	444	456	364	369.7	
丸山茂子	福井県越前市	1997	8	コシヒカリ	906	442	463	376	382.1	

推定玄米重は水分15%で補正した値

注1 2003年より無施肥栽培していた小倉水田(10a)の表層土約15cmをスキ取り、其処へ2006年12月に1951年より無施肥栽培を継続してきた栗東水田(10a)の表層土約15cmを客土(入れ土)した

注2 市街地にあり生育期間中、住宅の陰になることが多い

表2 2011年水稻収量要素調査(株刈り法による)

生産者	無肥研	丸山茂子	黒瀬修	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸
実施場所	野洲市	越前市	綾部市	大野市	福井市	滋賀県大中	東近江市	野洲市
実施開始年	2003	1997	1998	2003	2009	2000	2003	2007
自家採種年数	8	8	8	8	8	11	8	4
稈長(cm)	66.7	70.0	60.7	68.9	62.8	67.3	58.9	67.6
穂長(cm)	16.9	17.8	16.1	16.8	16.5	17.4	16.2	19.4
1穂重(g)	2.1	2.4	1.7	1.8	1.9	2.1	1.6	2.8
1株穂数(n)	14.9	12.9	10.1	20.5	11.9	19.1	12.5	10.8
1株稟重(g)	25.3	24.0	12.3	25.8	19.8	33.5	19.1	21.2
1株重(g)	31.0	31.6	17.6	37.0	22.4	41.0	20.6	29.9
1株全重(g)	56.3	56.4	29.9	62.8	42.8	76.7	39.7	51.8
1株耕重(g)	29.8	30.4	16.5	35.5	21.5	39.5	19.7	28.9
1株玄米重(g)	23.6	24.2	13.3	27.9	16.9	31.2	15.5	23.1
推定玄米重(kg/10a)	382.0	431.7	294.8	403.2	229.1	338.7	295.6	453.9
栽植密度(株/m ²)	15.9	17.4	21.4	14.1	13.0	10.6	18.6	19.2

品種はすべてコシヒカリ

推定玄米重は水分15%で補正した値

表3 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)13年間の推移(坪刈り法による)

圃場	栗東	小倉R	小倉O	山科上田Ⅰ	山科上田Ⅱ	亀岡Ⅰ	野洲Ⅴ	福井F
実施開始年	1951年	(1951年)	2003年	1965年	1965年	1993年	2003年	1997年
99年	408.1A			251.7B	190.4A	360.5A		382.0D
00年	453.8A			352.1B	320.5A	297.8A		402.0D
01年	454.2A			270.0B	260.8A	332.2A		転作
02年	417.6A			178.3B	177.3A	281.2A		407.4D
03年	332.4A		353.6C	349.2B	262.3A	294.0A	545.1D	331.5D
04年	442.9A		420.5C	304.4B	273.0A	394.1A	520.8E	415.6D
05年	390.5A		365.5C	344.6B	302.7A	315.2A	502.6E	転作
06年	356.2A		309.0C	282.9B	214.4A	223.4E	転作	463.5D
07年		333.6A	413.0A	316.3B	228.3A	280.3A	508.6E	417.8D
08年		271.0A	391.0A	275.2B	242.0A	384.3E	501.6E	424.8D
09年		318.5A	347.4A	260.0B	217.9A	270.8E	転作	転作
10年		215.5A	306.6A	203.8B	156.1A	283.5E	455.7D	432.5D
11年		303.7A	378.7A	274.7B	221.3A	272.8E	369.7D	382.1D

表中のアルファベットは品種を示す(Aペニアサヒ、B農林16号、Cヒノヒカリ、Dコシヒカリ、E秋の詩)

小倉Rは栗東水田より表層土を2006年12月に小倉水田に客土(入れ土)した水田

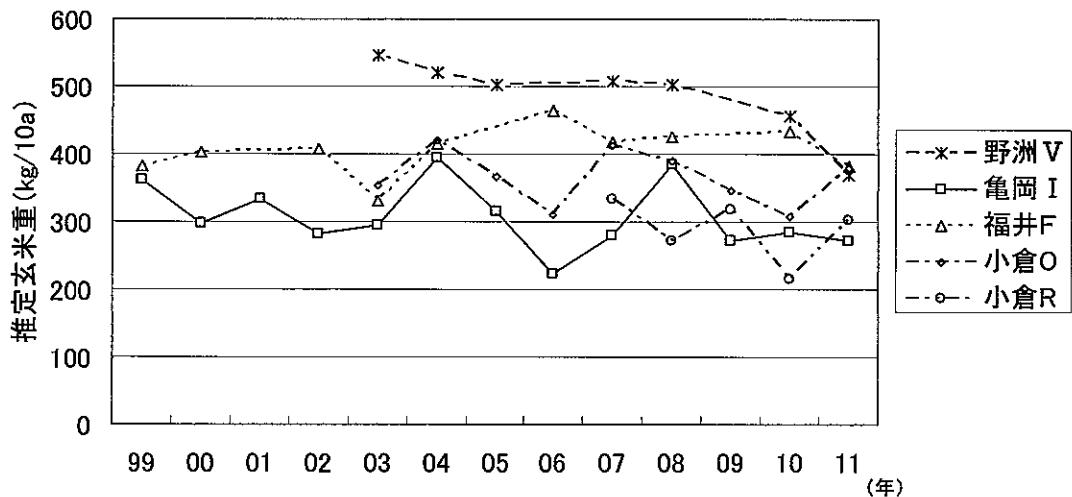


図1 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重の推移(坪刈り法による)

表4 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)8年間の推移(株刈り法による)

生産者	中村孝太郎	牧野太平	坪田宗隆	木戸口利雄	中道唯幸	黒瀬修
実施開始年	2003年	2009年	2000年	2003年	2007年	1998年
04年	352.4		514.9			
05年	265.6		418.3	376.1		344.8
06年	542.3		—	378.7		—
07年	421.8		—	337.6	326.4	272.2
08年	305.6		418.9	308.3	273.2	249.7
09年	406.1	394.0	411.1	408.9	291.3	284.8
10年	418.8	292.5	366.2	281.4	395.8	219.9
11年	403.2	229.1	338.7	295.6	453.9	294.8

品種はすべてコシヒカリ

—は株間条間未測定のため推定できず

《結果》

無施肥無農薬栽培における水稻の収量は肥培管理を行わないため、栽培期間中の天候と雑草の抑制程度によることが大きいと考えられる。2011年は坪刈り法の収量結果から2010年と比較して（表3）晩生品種（ベニアサヒ、農林16号）の小倉、山科水田では約2～4割の增收が見られた。反対に野洲V、福井Fのコシヒカリ水田は約1～2割の減収であった。株刈り法の収量結果（表4）では6カ所水田のうち福井県のコシヒカリに減収がみられたが、3カ所の水田ではむしろ增收が見られた。無施肥無農薬栽培水稻の収量に大きくかかわる要素の一つは有効茎数の確保である。移植（田植え）時期にもよるが一般にコシヒカリの最高分けつ期は7月上旬で、ベニアサヒは7月の下旬となる。すなわち分けつ時期の天候と水田雑草の抑制効果によってその収量は左右される。2011年は梅雨入りが早く6月は曇天の日が多く日照時間が少なかった。しかし7月初旬に梅雨が明けその後は晴天が続き天候に恵まれた。また2010年に見られた8月下旬から9月中旬にかけての異常な高温もなく、順調な登熟期を迎えることができた。おそらくこのような気象条件が晩生品種の収量に良い影響を与えたと考えられる。

稻の生長はその時々の天候に左右され収量に大きく関わる。無施肥無農薬栽培においてはそれがどの程度影響するものか、今後はもう少し詳しく調査していきたい。