

NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会

2013 年度研究報告会

開催日時：2014 年 3 月 16 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. 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（資料報告）
…… 小林 正幸（無肥研） 1

2. 無施肥無農薬栽培水田における土壤と灌漑水が収量形成に及ぼす影響（第 2 報）
…… 伊吹克也・家田善太・栗田光雄（無肥研）・白岩立彦（京大院農） 7

3. ポット育苗における播種量の違いが水稻の生育・収量に及ぼす影響（資料報告）
…… 倉島次郎・丸田信宏（無肥研） 14

（休憩）

4. 移植時期の違いが無施肥無農薬栽培水稻の収量および生育に及ぼす影響
…… 家田善太・栗田光雄（無肥研）・白岩立彦（京大院農） 17

5. 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 5 報）
…… 丸田信宏・栗田光雄（無肥研）・白岩立彦（京大院農） 23

（休憩）

講演

ダイズを作ろう—生理生態的特性と栽培技術—

…… 白岩 立彦（京都大学大学院農学研究科） 29

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）

現在本会が認証する無施肥無農薬栽培水田は全国10府県に点在し、そ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・収量を調査し、経年的に記録している。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ならびに坪刈り法などによる推定収量の算出などを実施することは困難である。そこで水田により調査方法や調査項目は異なっているものの、比較的京都に近い水田を調査している。

2013年に行った水稻の収量調査は次の通りである。坪刈り法によるもの5カ所7水田（表1）、株刈り法によるもの8カ所（これは収量要素調査を含む）（表2）、全刈り法によるもの21カ所（表3）。また収量の年次推移について、坪刈り法による15年間の推移は8カ所（表4）、そのうち5カ所は図1に図示し、株刈り法による10年間の推移は6カ所（表5）について比較した。

さらに2013年の2月～5月に採取した各水田の土壤について、全炭素、全窒素、およびCN比を求め、収量との関係を調べた（図2～3）。

表1 2013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)	精粉重(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	(1951)	62	ベニアサヒ	983	628	356	282	273.8	注1
無肥研	宇治市小倉	2003	62	ベニアサヒ	994	579	416	336	327.1	
上田修一	京都市山科区	1965	42	農林16号	733	385	348	284	280.6	注2
上田修一	京都市山科区	1965	62	ベニアサヒ	700	392	308	251	246.9	注2
無肥研	京都府亀岡市	1993	10	秋の詩	737	449	288	224	220.4	
無肥研	滋賀県野洲市	2003	10	コシヒカリ	1,106	524	581	465	465.2	
丸山茂子	福井県越前市	1997	10	コシヒカリ	1,067	523	543	438	438.0	

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 2013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	10	10	10	10	10	1	10	6
稈長(cm)	67.3	74.7	70.6	73.2	63.4	72.3	63.1	65.1
穂長(cm)	15.9	18.3	16.9	17.8	16.8	17.7	16.1	17.2
1 穂重(g)	1.9	2.5	1.8	2.4	1.8	2.4	1.8	1.9
1 株穂数(n)	17.5	13.6	16.6	17.4	9.3	27.4	12.0	10.9
1 株叢重(g)	25.2	28.6	21.2	27.7	16.2	45.3	17.4	22.4
1 株穂重(g)	33.3	35.3	30.7	42.3	16.2	66.7	21.6	21.2
1 株全重(g)	58.5	64.0	51.9	70.0	32.4	112.0	39.0	43.6
1 株叢重(g)	32.3	34.1	29.7	40.5	15.5	64.5	20.9	20.3
1 株玄米重(g)	25.8	26.8	23.0	32.8	12.1	50.9	16.4	16.0
推定玄米重 (kg/1ha)	462.6	467.0	438.1	510.3	237.3	480.8	326.1	307.2
栽植密度 (株/m ²)	17.2	16.5	18.0	14.9	18.8	9.1	19.0	18.6

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 2013年無施肥無農薬水田収量(全刈り法による)

生産者	産地	品種	実施開始年	面積(a)	反収(kg)	備考
無肥研	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2003	10	431	
無肥研	滋賀県野洲市	秋の詩	2003	11	548	
無肥研	滋賀県野洲市	新羽二重	2003	11	403	
無肥研	京都府亀岡市	秋の詩	1993	9	212	
無肥研	京都府亀岡市	秋の詩	2009	10	217	
無肥研	京都府宇治市	ベニアサヒ	2003	34	282	
丸山茂子	福井県今立	コシヒカリ	1997	7	477	
井上正人	滋賀県安土	コシヒカリ	2009	29	403	
坪田宗隆	滋賀県大中	コシヒカリ	2000	50	390	
沢昌弘	滋賀県大中	コシヒカリ	2010	80	431	
木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2003	22		注1
木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2006	34	380	注1
木戸口利雄	滋賀県東近江市	コシヒカリ	2010	26	369	
牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2009	33	234	
牧野太平	福井県福井市	コシヒカリ	2010	49.5	210	
藤沢雄一郎	長野県安曇野市	ササニシキ	2009	13	346	
平田守	京都府南丹市	日本晴	2012	13		注2
平田守	京都府南丹市	日本晴	2013	13	496	注2
中道唯幸	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2007	32		注3
中道唯幸	滋賀県野洲市	コシヒカリ	2010	57	219	注3
黒瀬修	京都府綾部市	コシヒカリ	1998	23	309	注4

注1・2・3については2筆の田の合計収量より算出した値

注4の面積は3筆の合計の値

表4 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)15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
12年		308.1A	359.0A	275.1B	303.7A	277.0E	転作	342.9D
13年		273.8A	327.1A	280.6B	246.9A	220.4E	465.2D	438.0D
08-12年の平均	283.4	356.5	257.8	228.2	297.7	492.1※	400.0※	

表中のアルファベットは品種を示す(Aベニアサヒ、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

※は転作を除く5年分の平均

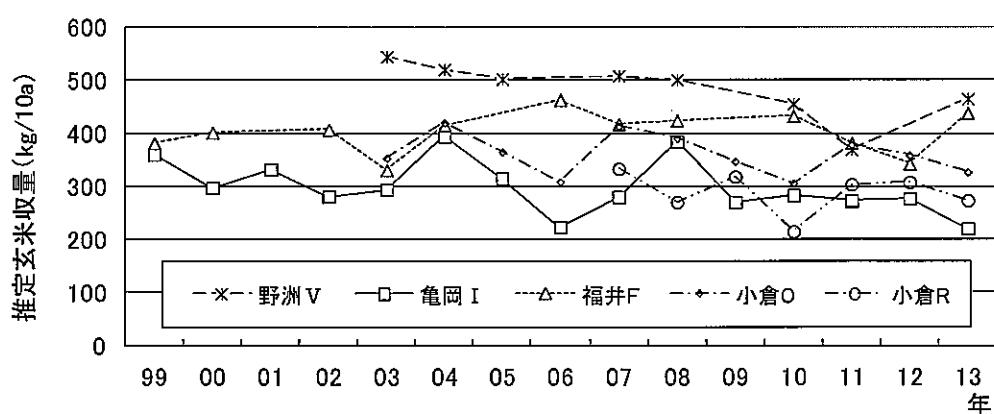


図1 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重の推移(坪刈り法による)

表5 無施肥無農薬栽培水田推定玄米重(kg/10a)10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
12年	392.4	139.7	471.8	273.2	443.1	239.0
13年	510.3	237.3	480.8	326.1	307.2	438.1
08-12年の平均	385.2	263.8※	401.3	313.5	371.5	257.7

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

※09-12年の平均

《結果》

一般に水稻の収量は立地条件や天候に左右される。無施肥無農薬水稻栽培においても年毎の天候と雑草の抑制程度によって収量の増減がみられるが、収量変動の要因を全てそれらに求めるのは難しい。たとえば苗の生育、水管理、秋耕・冬耕・春耕などの圃場管理なども収量変動の要因として考えることができる。

しかしながら、それらの要因の中で収量に比較的大きな影響をもたらす天候について、2013年の結果をまとめると次のようになる。

雨量は3月から8月まで平年よりも少なかった。例年に比べて梅雨の期間が短く6月中旬から始まった梅雨は7月上旬に明け、その後は比較的晴天の日が続いた。しかし8月下旬から9月初旬にかけては曇天や雨の日が多くなった。9月には、中旬に台風の影響を受け、月合計雨量は358mmと平年の2倍となり、日照時間も短かった。

6月、7月、8月の3か月平均気温は、平年と比較して約1°C高かった。

2013年の収量は2012年と比較（表3）すると、小倉O、R（ベニアサヒ）ではそれぞれ約10%の減収であった。また山科上田II（ベニアサヒ）、亀岡I（秋の詩）で19~20%の減収が見られた。しかし福井F（コシヒカリ）では28%増収となり、2012年に転作（コムギ、ダイズ）した野洲V（コシヒカリ）では2011年よりも26%の増収となった。また2013年の収量を過去5年間（転作のある場合は過去5回）の平均収量と比較すると小倉O水田-8%、R水田-3%、上田II水田+8%、亀岡I水田-26%、福井F+10%、野洲Vは-6%の増減となった。

株刈り法の収量結果（表2、表4）は、6カ所のコシヒカリ水田のうち5カ所の水田で大きな増収があった。2012年に大きな減収をした牧野水田で70%、また黒瀬水田では83%の増収となった。牧野水田では2012年の栽植密度が12.9株/m²であったものを2013年は18.8株/m²にし単位面積あたりの茎数を増やせたことも増収の要因の一つであったと考えられる。また黒瀬水田では2012年に比べ雨量が少ない時も水管管理が十分に出来、除草作業も比較的うまくいった事が増収の要因と考えられる。一方で中道水田が2012年と比較して30%の減収となったのは、除草作業が十分できなかつたことにより雑草が繁茂したことが原因と考えられる。2013年の株刈り法の結果を過去5年間の平均収量と比較すると、中村水田+32%、坪田水田+20%、木戸口水田+4%、中道水田-17%、黒瀬水田+70%、牧野水田-10%の増減であった。

2013年は、早生品種コシヒカリが2012年に比べ全体に増収であった。その要因として、梅雨が早く明けたことにより7月中旬の最高分げつ期、それに続く幼穂分化期

に天候に恵まれたこと、出穂開花期の8月初旬には雨天の日もあったが比較的順調な登熟期を迎えたことが考えられる。反対に10月中旬が収穫期となるベニアサヒではやや減収となった。ベニアサヒでは、7月中旬の最高分けつ期には例年よりも多くの分けつが見られたが、無効分けつが多く、有効穂数はそれほど伸びなかったこと、穂も少し小さくなかったこと、また出穂期の8月末から開花期の9月初旬にかけて雨天の日が多く、9月中旬の台風接近も含め、天候による影響があったものと考えられる。亀岡水田で「秋の詩」の収量が20%減少した。亀岡水田では不稔実粒が多くみられたが、これは8月20日の出穂期直後の8月23日~25日の3日間雨天が続いたことと8月30日から9月8日まで雨天や曇天の日が続いたことが原因の一つと考えられる。

全刈り収量(表5)で注目すべきは野洲市無肥研水田の「秋の詩」が反収548kgと高収量を得たことである。この水田は従来から収量の多い水田であるが、2012年は減反政策による転作のため無施肥無農薬栽培蔬菜畠となっていた。これまで慣行栽培から無施肥無農薬栽培に切り替えて3年目くらいまでの水田では高収量を得ることはあるが、無肥研で調査している中では無施肥無農薬栽培実施11年目にこれだけの高収量を上げた実例はなく、今後も収量の推移に注目したい。

稲の生長はその時々の天候に左右され、その後の収量に関わることが多い。無施肥無農薬栽培は異常気象への適応性が高いと言われているが、今後も天候と水稻の生育および収量との関係について調査を続けていきたい。

また本年は、無肥研の小倉および亀岡水田ならびに滋賀県の農家圃場の水田土壤(9筆)を2月~5月の間に採取し、土壤全窒素、全炭素および炭素・窒素比を調査した。

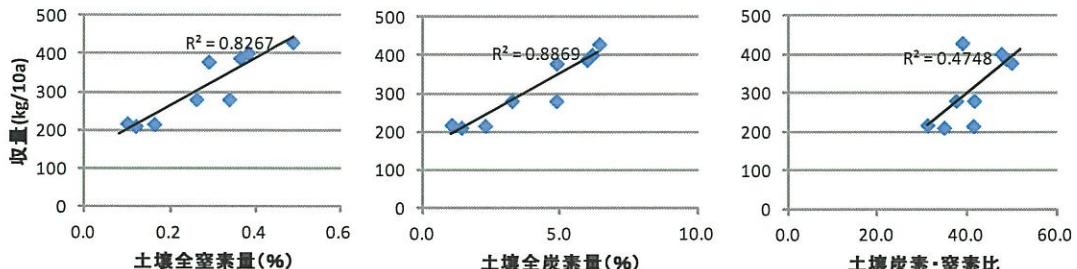


図2 無施肥無農薬栽培水田土壤の全窒素・全炭素量および炭素・窒素比

注 京都府および滋賀県の無施肥栽培を継続している水田の土壤を2013年2月~5月の間に採取し分析に供した。

その結果(図2)、土壤全窒素、全炭素および炭素・窒素比のいずれもが収量と強い正の相関(相関係数はそれぞれ0.91、0.94、0.69)を示した。一方で無施肥継続年数と土壤分析の結果との関係(図3)をみると、継続年数と土壤全窒素、全炭素の間には明確な関係は認められなかったが、これには土壤の種類や圃場管理の方法など

多くの要因があるものと考えられる。一方で土壤の炭素・窒素比は無施肥栽培を長期に継続してもおおむね 30 から 40 の間に収束していくような傾向がみられた。無施肥無農薬栽培が土壤の種類や質、土壤成分などに及ぼす影響についてはまだデータが少なく、これから調査課題の一つになると思われる。

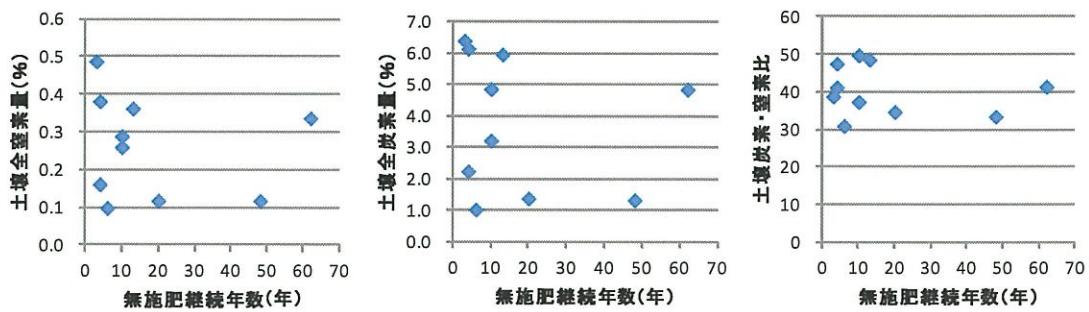


図3 無施肥無農薬栽培継続年数と土壤全窒素・全炭素量および炭素・窒素比との関係

注 京都府および滋賀県の無施肥栽培を継続している水田の土壤を2013年2月～5月の間に採取し分析に供した。

無施肥無農薬栽培水田における土壤とかんがい水が 収量形成に及ぼす影響（第2報）

報告者 伊吹克也・家田善太・栄田光雄（NPO 無肥研）・白岩立彦（京大院農）

1. 緒言

56年間無施肥無農薬栽培を継続していた栗東市の水田（以下、栗東水田といふ）では、近辺の施肥田の約70%に当たるおおむね 400kg/10a の玄米収量が安定的に得られていた。同水田の土壤を充填してポット栽培した場合、玄米収量は水口土壌>中央土壌>水尻土壌の順に多く（長谷川ら（1979）），土壤全窒素量も水口部が多く、水尻部が少なかった（川村ら（1979））。一方で本田での玄米収量は、水尻部>水口部>中央部となっており、水尻部では生育初期から茎数増加が著しく、後期においても茎数が減少しなかったことから、生育後期における豊富な養分供給が示唆されていた。水尻部で利用された養分はかんがい水によって本田内に搬入されたものではなく、栽培期間中に本田内で生成されたものであり、易分解性有機物あるいは除草作業中に放出された土壤養分が、かんがい水の流れによって水尻部に集まつたものと推察されている（長谷川ら（1979））。

このように栗東水田は、かけ流し栽培によって流入する多量のかんがい水が養分を供給していただけでなく、水田内で生成された土壤養分が水稻の生育や収量に影響を及ぼしていたことが示されている。

しかしながら無施肥無農薬水田における、土壤の位置的な差異や経年変化について考察される機会は栗東水田を除いては少なかった。そこで無施肥無農薬栽培を継続している多様な圃場で土壤養分の変動を把握していく必要があると考えられる。

2006年に栗東水田の表土を移設した小倉圃場のR水田は予想外に低収が続いている。2012年の坪刈り法によるR水田の推定玄米収量は 308kg/10a であり、わが国における平均的なイネの収量（作物学事典（2002））の約 6 割であった。また、1株穗数は約 4 割、1穗粒数も約 8 割であった。同じベニアサヒを供試していた栗東水田の穗数と R 水田の穗数とには大きな差はなく、平均穗数が少ないのは供試したベニアサヒ（穂重型晚生品種）の特性に負うところが大きいものと思われた。一方で、R 水田と栗東水田との間に差があった 1 穗粒数が収量に差を生じさせた要因の一つではないかと推察される。

2012年のポット栽培試験で玄米収量に及ぼす土壤の効果を調べるとR水田では水口土壤>水尻土壤>中央土壤の順に多かったのに対して、O水田では水尻土壤>中央土壤>水口土壤の順に多かった。この違いには2006年に表土を移設する際に土壤が攪拌されたことで、栗東水田の時に累積されていたであろう地力の位置的変動がR水田においてリセットされたことを考慮する必要がある。一方でかんがい水の収量に及ぼす効果を調べると両水田とも水口部>水尻部>中央部の順に多かった（伊吹ら(2013)）。2012年の試験ではO水田とR水田との収量の差は、土壤よりもかんがい水の影響が大きいことが示唆されたものの、O水田に隣接する不耕起有機栽培水田からの水の流入が認められたことから、その影響を除いて試験する必要があると考えられた。

2. 実験方法

2011年よりR水田とO水田の収量に及ぼす土壤およびかんがい水の効果を調べるために水稻のポット栽培試験を行っている。2012年に東側隣接水田から水の流入が認められたため当該水田との間の畦を強化した上で、O水田を畦シートで2

つに仕切り、施肥水田と隣接する「O水田東」と畦シートで区切った「O水田西」に分割した。

ポット（1/2000a）にR水田、O水田西それぞれの水口、中央、水尻の表層土ならびに川砂を充填し、それぞれR_i区、R_c区、R_o区、O_i区、O_c区、O_o区、S_d区とし、R水田、O水田西それぞれの水口、中央、水尻、および「O水田東」の水口と水尻の合計8箇所に設置した（図1）。ポットは縁が田面と同じ高さになるように埋設した。

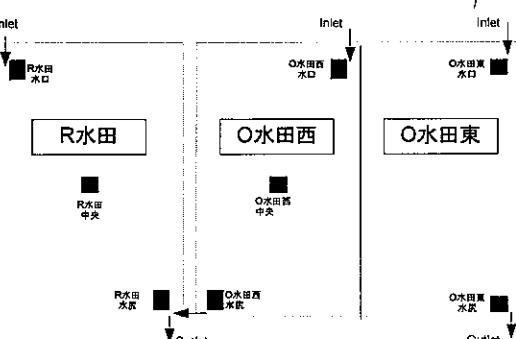


図1 小倉圃場 ポット設置場所

図2および表1に示したように、R水田及びO水田西の水口部及び水尻部には、R_iからO_oの水田土壤を充填したポットは2反復、S_d区は3反復ずつ設置し、R水田及びO水田西の中央部には土壤充填ポットは各1、S_d区は3反復ずつ設置した。O水田東の水口、水尻にも土壤充填ポットは各1、S_d区は3反復ずつ設置した。供試品種はベニアサヒで、ポット育苗箱に播種し、ハウスで養生したのち

各ポットに 1 株 3 本ずつ手植えした。

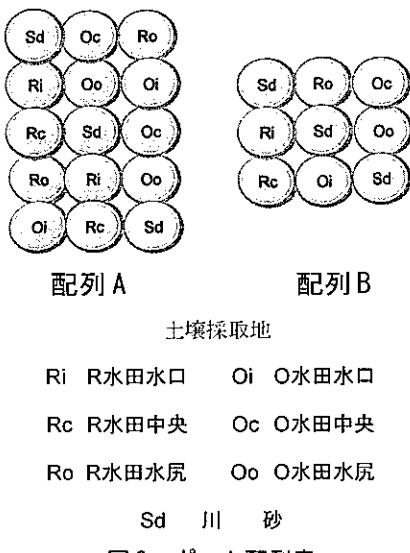


表 1 ポットの設置場所と数

土壌 水路別	設置場所								計
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	
Ri 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Rc 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Ro 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Oi 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Oc 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Oo 区	2	1	2	2	1	2	1	1	12
Sd 区	3	3	3	3	3	3	3	3	24
計	15	9	15	15	9	15	9	9	96

ポット設置場所付近の地温を 2 時間おきに記録した。灌漑水の EC 値をポット設置場所付近の 8 箇所及び用水路にて 6 月から 8 月まで毎月 1 回測定した。収穫後には次の項目を計測した。

測定項目（地上部）穗数、桿長、穗長、粒重、粒数、空粒数、千粒重、水分量
 （地下部）根重

3. 実験結果及び考察

栽培概要

播種	4月 5日
水入れ	5月 15日
代掻	5月 20日
移植	5月 25日
出穂日	8月 29日
水切り	9月 24日
収穫	10月 6日

かんがい水による効果

O 水田東は、R 水田や O

水田西とは異なり水尻部の

収量が水口部よりも多かったが、これは前年同様隣接する水田よりの水の流入が継続していたのではないかと考えられた（図 3）。そこで以下では O 水田東を除いて検証することとする。

R 水田、O 水田西ともかんがい水の EC 値は水口から水尻にかけて漸減した（図 4）。R 水田の水路と O 水田西の水路の EC 値に大きな差はなかった。しかし、水田内に入ると R 水田では水路から中央までは直線的に減少し、中央から水

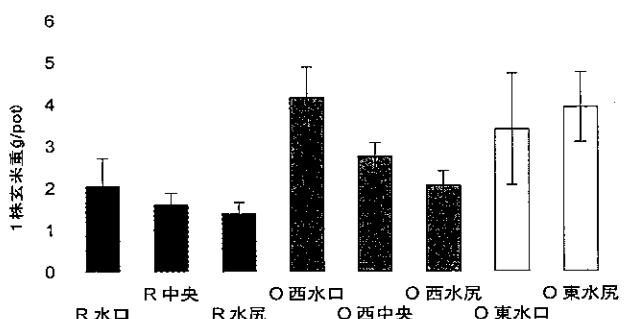


図 3 小倉水田におけるかんがい水の効果
 (Sd 区 一株玄米重)

尻にかけてはその減少幅は鈍化していた。一方、O水田西ではこのような減少幅の鈍化がみられた個所が6月は水路から水口、7月は水口から中央、8月は中央から水尻にかけてとそれぞれ測定日によって変化した。これらは水稻がかんがい水からの養分を十分利用していないか、かんがい水からの養分供給と土壤からの養分流失がバランスを取っていたか、などの可能性が考えられる。両水田の間にEC値の推移の特徴に違いがみられた。

水稻の生育・収量に及ぼす水の効果をそれぞれの設置場所に埋設したSd区によって比較すると、一株玄米重はO水田西がR水田よりも有意に重かった。R水田とO水田西とは畦を挟んで隣接しており、同じ水路よりかんがい水を取り入れている。それにもかかわらず収量に1.5～2倍の差を生じたことは非常に興味深い結果となった。

それぞれの水田内の位置による差異を比較すると、R水田・O水田西ともに玄米重、1穂粒数、全乾物重、根重で、水口部>中央部>水尻部の傾向がみられた。これはかんがい水中の養分が水口付近から順次沈殿・吸着され、水尻に近づくほど稲が摂取可能な養分量が漸減していったためではないかと考えられた。

水田間では、O水田西がR水田に比べて玄米重、全乾物重で有意に重く、粒数が有意に多く、根重も有意に重かった。O水田西水口が他の場所より玄米重、全乾物重で有意に重く、粒数が有意に多かった。R水田水尻は粒数が他の場所より有意に少なく、全乾物重が有意に軽かった（表2）。

表2 小倉水田における収量構成要素へのかんがい水の効果

設置位置	玄米重(g/pot)	穂数(本/pot)	1穂粒数(個/本)	登熟歩合(-)	1000粒重(g)	全乾物重(g/pot)	収穫指数HI(-)	根重(g/pot)
R水田水口部	2.05 b	3.0 a	33.0 bc	0.96 a	21.8 a	5.7 bc	0.345 a	0.473 b
R水田中央部	1.60 b	3.0 a	31.1 bc	0.87 a	22.9 a	4.7 bc	0.324 a	0.450 b
R水田水尻部	1.39 b	3.0 a	22.3 c	0.95 a	21.9 a	3.5 c	0.384 a	0.440 b
O水田西水口部	4.15 a	2.7 a	73.1 a	0.96 a	22.2 a	10.9 a	0.366 a	1.380 a
O水田西中央部	2.74 ab	3.0 a	45.0 b	0.93 a	22.0 a	7.7 ab	0.342 a	0.793 a
O水田西水尻部	2.05 b	3.0 a	34.3 bc	0.93 a	21.3 a	5.7 bc	0.341 a	0.763 a

砂を充填したポット(1/2000 a)を各設置位置に3ポットずつ設置し、各々のポットに水稻(ベニアサヒ)の苗を1株3本植えした。

数字のあとと同じアルファベットは、各項目についてチューキーの多重比較検定(5%水準)で有意な差がないことを示す。

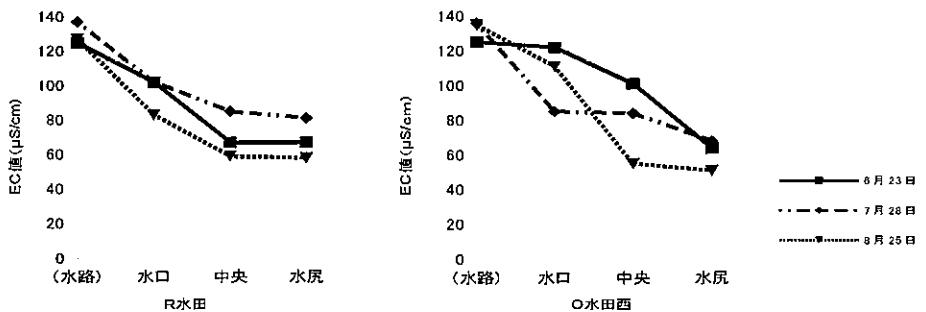


図4 小倉圃場における水田内のEC値の推移

土壤の効果

R水田土壤とO水田西土壤の間には収量に有意な差は認められなかった。ポット設置場所ごとに比較しても両水田土壤の間には収量に有意な差は認められなかった（図5）。前年はO水田土壤の収量がR水田土壤より有意に多かったが、この違いが何に起因するのかは不明である。

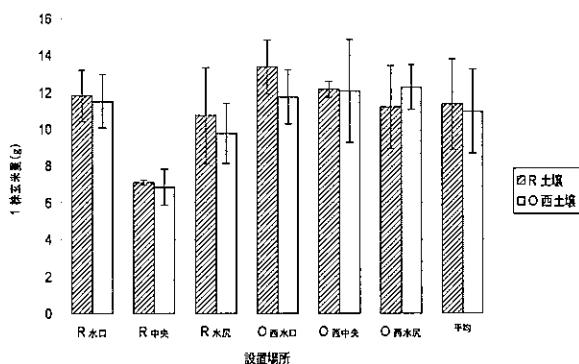


図5 各設置場所における土壤の効果(一株玄米重)

図6にはそれぞれの土壤の全C値、全N値及びC/N比を示したがこれらと収量との間には顕著な関係は認められなかった。

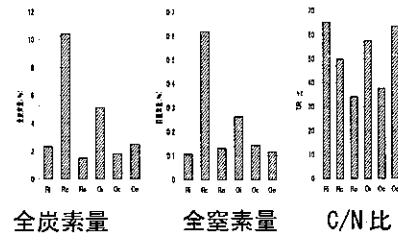


図6 小倉水田土壤分析

O西水口部土壤は他の土壤よりも穂数が有意に少なく、全乾物重が有意に軽かった。また、R・O西水田とも水尻部土壤が水口部土壤よりも穂数が多く、全乾物重が重い傾向にあった（表3）。

表3 小倉水田における収量構成要素への土壤の効果

土壤採取地	玄米重(g/pot)	穂数(本/pot)	1穂粒数(個/本)	登熟歩合(%)	1000粒重(g)	全乾物重(g/pot)	収穫指数HI(%)	根重(g/pot)
Ri 区	10.80 a	9.9 ab	55.9 a	0.95 a	21.1 a	37.5 ab	0.278 a	2.987 ab
Rc 区	11.81 a	10.7 a	58.5 a	0.94 a	21.4 a	41.7 a	0.274 a	3.532 ab
Ro 区	11.40 a	11.0 a	53.9 a	0.94 a	21.0 a	41.7 a	0.262 a	2.975 ab
Oi 区	10.44 a	8.5 b	63.7 a	0.95 a	21.3 a	34.8 b	0.287 a	3.173 ab
Oc 区	10.93 a	10.7 a	54.0 a	0.95 a	21.3 a	37.6 ab	0.281 a	2.595 b
Oo 区	11.46 a	11.2 a	55.9 a	0.91 a	21.0 a	42.2 a	0.263 a	3.622 a

各地点から採取した土壤を充填したポット(1/2000 a)をR, O西両水田の水口、中央、水尻部に1~2ポットずつ設置した。

それぞれのポットに水稻(ベニアサヒ)の苗を1株3本植えした。

数字のあとと同じアルファベットは、各項目についてチューーキーの多重比較検定(5%水準)で有意な差がないことを示す。

水口部での比較

R, O西両水田のかんがい水による効果に違いが認められたことから、かんがい水による影響が少ないとと思われる両水田水口に設置したポットについて1株玄米重を図7に示した。R水田水口でR水田土壤・O水田土壤とも水口土壤<中央土壤<水尻土壤、O水田西水口においてもO土壤については同じような傾向がみられた。前年も同様の傾向がみられたこともあり、R水田で栗東市より土壤を移設した際に水田内の位置的特徴がリセットされた状態となったと考えていたが、移設7年目となり、位置的な特徴がみられるようになってきたのではないかとも考えられる。

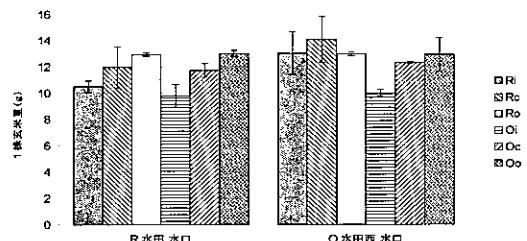


図7 水口部における土壤の寄与(一株玄米重)

水尻部での比較

同様に水尻部に設置したポットにおいても比較したが、顕著な特徴は見られなかった。

根と収量の関係

一株玄米重とT/R比(全乾物重/根重)との間わずかに負の相関関係が見られた(相関係数R = -0.5049) 図8)。

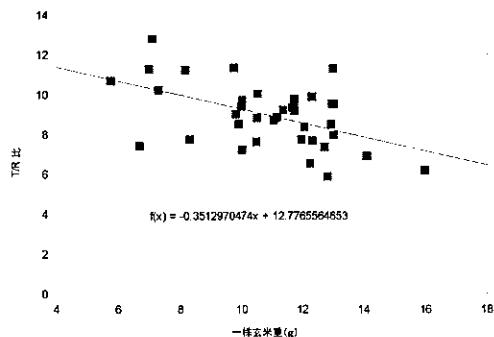


図8 一株玄米重とT/R比

4.まとめ

かんがい水の効果を比較すると、O水田西がR水田よりも玄米重と全乾物重が有意に重く、穂数が有意に多かった。また両水田とも、水口部が水尻部より玄米重が重い傾向があった。O水田西とR水田で一番条件の近いはずの水口部で1株玄米重に約2倍の差が認められた。Sd区ではO水田西水口の根重がR水田のそれよりも重かった。根重の差異がかんがい水からの養分の吸収に間接的に影響すると考えられるが、Sd区以外では水口において根重に差は認められず、それぞれの水田土壤で養分の取り込み方が違うのかどうかは判明しなかった。

土壤の効果を比較すると、玄米重にはR土壤とO西土壤に差異は認められなかった。一方で、両水田土壤とも水尻土壤が水口土壤よりも玄米重がやや重い傾向がみられた。特にO水田西水田の水尻部土壤が水口部土壤よりも穂数や全乾物重で有意に大きかった。

今後は稻のかんがい水の養分吸収の仕方の違いや土壤養分の経年変化を把握していくため、重点的に比較する設置場所を選定し、実験を継続していきたいと考えている。

5.参考文献

- 長谷川浩・竹内史郎・奥村俊勝 近畿大学農学部紀要, 12, 109~15 (1979)
- 川村三郎・中島照夫 近畿大学農学部紀要, 12, 157~169 (1979)
- 日本作物学会 作物学事典 139 (2002)

(資料報告)

ポット育苗における播種量の違いが水稻の生育・収量に及ぼす影響

倉島次郎・丸田信宏(NPO 無肥研)

昔から「苗半作」と言われるように、作物栽培において苗作りは非常に重要な作業工程だと言われている。これまでの亀岡無施肥水田での調査から、茎数が収量に影響を及ぼすことが示唆されている。茎数を確保するために生育初期の生長を促進する必要があることから、移植直後の水稻を健全に生育させることができ、增收に結びつくのではないかと考えることもできる。ポット育苗の場合、1ポットあたりの土壤量に限りがあることから、育苗期間の生育に差異をもたらす要因の一つに播種量の違いがあげられる。そこで、育苗ポットへの播種量の違いが苗の生育、さらに本田への移植後の水稻の生育・収量に及ぼす影響を調査した。

◆栽培概要

除草実験（丸田(2014)）の栽培概要と同じ。

◆試験概要

図1 育苗ポット見取り図

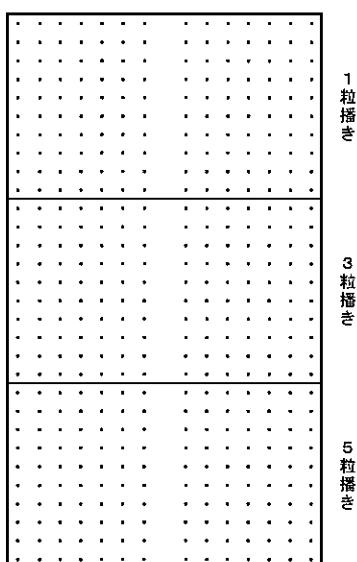
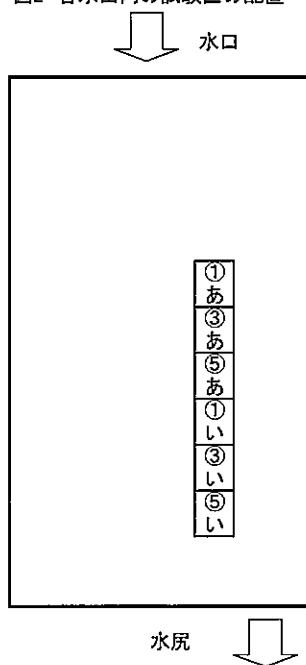


図2 各水田内の試験区の配置



育苗ポット1枚を3つに区分し、1ポット当たり1、3、5粒を播種し、それぞれ①、③、⑤区とした（図1）。育苗ポットにはK1およびK2の水田土壤と山砂を6:1～7:1で混合した土壤を充填し、それぞれ3枚ずつ（3反復）用意した。

本田移植時に、各区の30本（図1の色付き部分）の発芽数・草丈・葉齢を測定した。

本田への移植は、①区では1粒播きで1本発芽したものを連続10株で植え、それを2反復(①a、①i)設けた(以下同様に、③区では3粒播き3本発芽、⑤区では5粒播き5本発芽の苗を用いた)(図2)。ただ、⑤区で5本発芽したものが調査株の数だけなかったので、⑤区で4本発芽のものも使用した。

本田移植後は連続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、収穫後は推定収量・1000粒重を測定した。

◆試験結果

・育苗期の生育

表1 発芽率(発芽本数/播種粒数)30穴平均

	K1	標準偏差	K2	標準偏差
1粒蒔き	0.43	±0.09	0.59	±0.17
3粒蒔き	0.33	±0.07	0.44	±0.11
5粒蒔き	0.37	±0.03	0.47	±0.12

表2 草丈(cm)発芽していたもの全ての平均

	K1	標準偏差	K2	標準偏差
1粒蒔き	9.00	±2.31	11.40	±1.86
3粒蒔き	8.31	±1.23	9.61	±0.55
5粒蒔き	7.91	±0.54	9.46	±0.88

表3 移植前の葉齢(発芽していたもの全ての平均)

	K1	標準偏差	K2	標準偏差
1粒蒔き	3.62	±0.12	4.72	±0.24
3粒蒔き	3.40	±0.13	4.25	±0.56
5粒蒔き	3.29	±0.14	4.03	±0.40

播種量が少ないほど、発芽率、草丈、葉齢のどれもが高い値を示した(表1,2,3)。

・移植後の生育

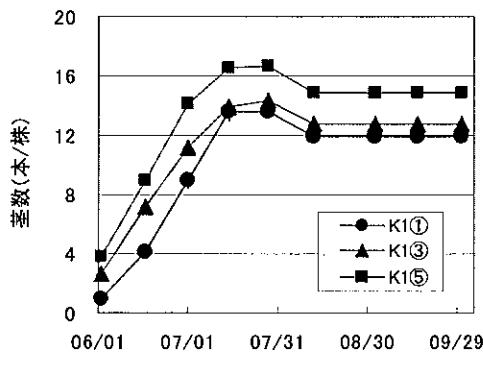


図3 播種数の違いによる茎数比較(K1)

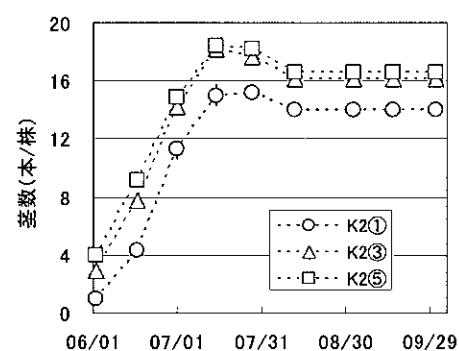


図4 播種数の違いによる茎数比較(K2)

最終的な茎数は、⑤区、③区、①区の順に多くなり、本田への移植時に、1株の本数を増やしたほうが最終的な茎数を多くすることができるものと思われた(図3,4)。

草丈には、播種量や水田の間に差異は認められなかつた(図なし)。

SPAD値は、播種量による差は認められなかつたが、水田間には、移植後2週間ぐらいまではK1の値がK2のそれよりも大きかつたが、その後は同じように推移した(図5,6)。

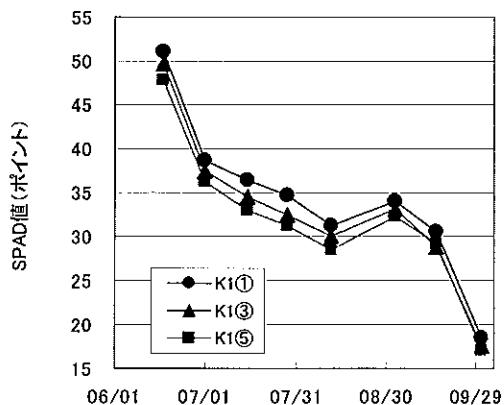


図5 播種数の違いによるSPAD値比較(K1)

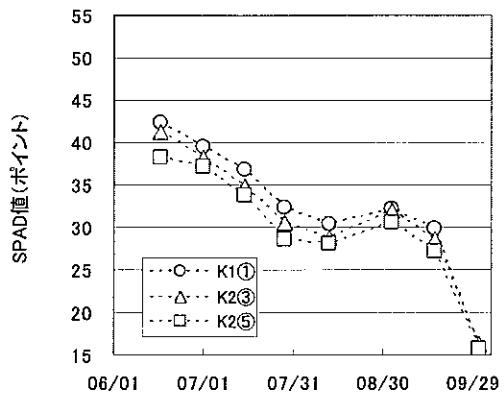


図6 播種数の違いによるSPAD値比較(K2)

・収量

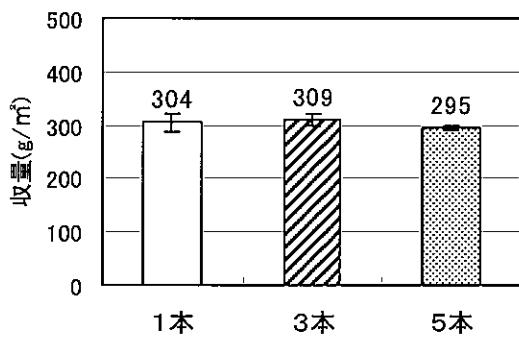


図7 K1水田の推定収量

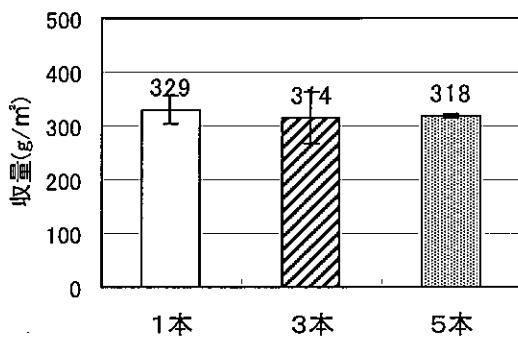


図8 K2水田の推定収量

播種量の違いによって穂数にはやや差が認められたが、収量には大きな差は認められなかった（図7,8）。

表4 各区の1000粒重(g)

区	K1①	K1③	K1⑤	K2①	K2③	K2⑤
1000粒重(g)	2.201	2.206	2.199	2.235	2.248	2.245

1000粒重には、播種量の違いによる差はほとんどなかった（表4）。

収穫前の茎数に差があり、収量と1000粒重に差がなかったことから、粒数が茎数に反比例したのではないかと考えられた。

◆今後の研究

本年は播種直後に、気温が低下したことが、全体的な発芽率の低下を招いた要因の一つとして考えられる。そこで播種時期を遅らせることが、育苗期間中の温度を安定に保ち、苗の健全な育成に効果があるのではないかと思われた。今後は、播種量だけでなく、購入培土や圃場土壤など育苗培土の比較、苗代育苗とハウス育苗との比較などをを行い、より健全な苗を育てる方法を探っていきたい。

移植時期の違いが無施肥無農薬栽培水稻 の収量および生育に及ぼす影響

(2013年度無施肥無農薬栽培における水稻栽培比較実験)

報告者 家田善太・栗田光雄(NPO無肥研)・白岩立彦(京大院農)

1. 実験意図・経緯

宇治市小倉に2003年より無施肥無農薬栽培を継続している水田がある。その一部(R水田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、従来どおり栽培している区(0水田25a)とともに水稻を栽培している(2008年度報告参照)。

移設して以来、R水田の水稻収量は、栗東で栽培していた時や隣接する0水田と比べて低収である。そこでR水田の低収の原因を究明し、無施肥無農薬栽培に適した栽培法を探求するために、この両水田の生育および収量を2007年より継続して調査している。

これまでの試験結果より、供試圃場においてベニアサヒを栽培した場合、両水田とも早植区では遅植区よりも穂数が少なく、収量が多くなる傾向がみられた。この移植時期の違いが生育・収量へ及ぼす影響が、ベニアサヒという品種に特有のものか、早晚性の異なる品種でも生じるのかを調べるために、本年は、品種と移植時期との間の関係を試験した。

また栽植密度を異にしただけでは収量に顕著な差は認められなかった(2009～2011年)が、栽植密度と移植時期とを異にして比較(2012年)すると、R水田では早植で栽植密度が疎になるほど単位面積当たりの収量が多くなった。栽植密度がどの年の気象条件でも大きな影響をもたらさないといえるのかを確かめるために、ベニアサヒを用いて栽植密度を異にした試験区も設けて試験した。

さらに灌漑水によらず土壤のみの影響を比較するために供試圃場と同様の試験区を設け、京都市山科区の試験圃場にてポットを用いて試験した。

2. 実験方法

0水田とR水田の境界の畦畔を挟んで両水田に幅約2m、長さ水田全長にわたる実験区（1区あたり2.0m×1.1m～2.1m）を設けた（図1）。

実験区の概要を表1に示した。

a区～j区はポット育苗した苗を3本ずつ手植えし6条9株を1区とし、3乃至2反復した。x区は近隣農家の協力を得て、慣行栽培水田の収量の調査をした。

ポット試験区は、日ノ岡試験圃場において、10Lのポット（直径28cm×高さ26cm）を用いて実施した。各ポットにはR水田または0水田の土壌をそれぞれ充填した。品種および移植時期は小倉の実験区と同様とし2反復設けた。苗は全てポット育苗し1株3本植えとした。

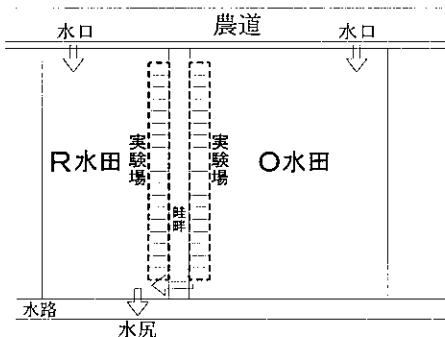


図1 栽培実験位置

表1 実験区概要

区	品種	条間	株間	栽植密度	播種日	移植日	本田反復	ポット反復
a	ベニアサヒ	33cm	12cm	25.2株/m ²	3月31日	5月18日	3	2
b	ベニアサヒ	33cm	18cm	16.8株/m ²	3月31日	5月18日	3	2
c	ベニアサヒ	33cm	24cm	12.6株/m ²	3月31日	5月18日	3	2
d	ベニアサヒ	33cm	12cm	25.2株/m ²	4月5日	6月1日	3	2
e	ベニアサヒ	33cm	18cm	16.8株/m ²	4月5日	6月1日	3	2
f	ベニアサヒ	33cm	24cm	12.6株/m ²	4月5日	6月1日	3	2
g	コシヒカリ	33cm	18cm	16.8株/m ²	3月31日	5月18日	2	2
h	秋の詩	33cm	18cm	16.8株/m ²	3月31日	5月18日	2	2
i	コシヒカリ	33cm	18cm	16.8株/m ²	4月5日	6月1日	2	2
j	秋の詩	33cm	18cm	16.8株/m ²	4月5日	6月1日	2	2
x	ヒノヒカリ	30cm	20cm	16.7株/m ²				(慣行栽培)

なおx区は考察の対象からはずした。

3. 生育調査項目

各区10株（2条×5株）の生育調査株を決めて、以下の項目を測定した。

- ・葉齢 : 移植時
- ・茎数 : 移植から出穂まで2週間毎（ただし6月最終週～8月最初週は1週間ごと）
- ・草丈 : 移植から出穂まで4週間毎
- ・SPAD値 : 移植から収穫まで2週間毎

※以下の出液量と葉面積は調査株の隣条の平均的茎数の株（1区1株3反復）

を用いた。

- ・出液量：7月14日（最高分蘖期）、9月21日（ベニアサヒの出穂後23日）の2回
- ・葉面積：7月14日（最高分蘖期）、9月21日（ベニアサヒの出穂後23日）の2回

4. 収量・形質調査項目

生育調査した10株について、収穫時に以下の項目を測定した。

- ・全ての茎ごとの稈長、穂長、穂重。
- ・全ての株ごとの穂数、藁重、粒重、玄米重。
- ・各区の代表株について株ごとの穎果数、稔実粒数。（ポット試験区は全株）
- ・区ごとの玄米千粒重、玄米水分率。（ポット試験区は全株）

5. 結果と考察

5-1 移植時期を異にした実験

0水田について

どの品種も早植が晩植に比べ穂数が少なく、一穂重が多かった。

収量についてはベニアサヒは早晚に差異は無く、秋の詩は晩植が多く、コシヒカリは早植が多かった（表2）。

表2 2013年小倉水田における収量構成要素

	栽植密度 株/m ²	玄米重 g/m ²	穂数 本/m ²	1株初数 個/株	登熟歩合	1000粒重 g	全乾物重 g/m ²	平均稈長 cm	平均穂長 cm	平均一穂重 g/穂
O水田 ベニ 密植 早植	25.3	376.3	202.9	726.2	0.96	22.5	1068.9	85.2	19.8	2.40
O水田 ベニ 標準植 早植	16.8	364.2	193.0	1118.3	0.95	22.5	1036.1	85.5	19.8	2.41
O水田 ベニ 疎植 早植	12.6	372.8	194.4	1392.9	0.96	22.5	1066.0	87.3	20.0	2.52
O水田 ベニ 密植 晩植	25.3	370.5	255.9	730.0	0.94	22.3	1079.9	80.9	18.6	1.86
O水田 ベニ 標準植 晩植	16.8	379.8	236.8	1031.2	0.96	22.7	1068.9	82.9	18.8	2.09
O水田 ベニ 疎植 晩植	12.6	358.2	218.4	1321.4	0.95	23.9	1000.1	82.5	18.6	2.09
O水田 コシ 標準植 早植	16.8	366.6	241.6	1123.7	0.92	19.9	891.3	67.4	16.9	1.94
O水田 コシ 標準植 晩植	16.8	330.7	280.3	1162.3	0.91	20.1	804.4	64.6	16.0	1.52
O水田 アキ 標準植 早植	16.8	371.3	223.1	1186.8	0.93	22.8	1004.1	67.6	17.9	2.09
O水田 アキ 標準植 晩植	16.8	403.4	299.7	1204.5	0.92	22.3	1064.1	67.1	16.7	1.70
R水田 ベニ 密植 早植	25.3	304.2	200.3	559.7	0.92	21.8	938.9	77.5	18.5	1.95
R水田 ベニ 標準植 早植	16.8	287.5	171.2	784.9	0.95	22.0	900.1	79.2	19.1	2.20
R水田 ベニ 疎植 早植	12.6	278.8	149.0	1137.1	0.94	22.0	875.8	81.1	19.7	2.46
R水田 ベニ 密植 晩植	25.3	293.2	203.7	523.8	0.93	22.2	875.8	74.3	18.0	1.85
R水田 ベニ 標準植 晩植	16.8	283.8	182.4	801.0	0.95	22.9	853.6	75.8	18.2	2.02
R水田 ベニ 疎植 晩植	12.6	310.9	167.9	1079.7	0.96	22.7	874.9	79.6	19.0	2.35
R水田 コシ 標準植 早植	16.8	291.5	199.5	844.8	0.95	19.5	727.1	64.1	16.9	1.88
R水田 コシ 標準植 晩植	16.8	238.6	200.3	841.8	0.90	19.7	629.9	61.8	16.3	1.52
R水田 アキ 標準植 早植	16.8	288.4	209.6	796.5	0.88	22.5	889.4	64.5	17.1	1.72
R水田 アキ 標準植 晩植	16.8	276.9	195.3	759.8	0.91	22.4	810.6	65.1	17.2	1.80

R水田について

ベニアサヒは早植が晩植に比べ穂数が少なく、一穂重が多かった。秋の詩は穂数、一穂重に差異はなかった。コシヒカリは穂数に差異は無く、早植が晩植に比べ一穂重が多かった。

収量についてはベニアサヒ、秋の詩に差異は無く、コシヒカリは早植が多かった（表2）。2011年の報告では「早植えすることが茎数を確保するよりも、葉緑体の形成に養分を供給できたことが増収に繋がったのではないか」と考えたが、2013年の結果では早植が必ずしも収量が多くなかった。

コシヒカリについて

2013年に、早植の方が晩植よりも収量が多かった品種はコシヒカリだけであった。また出穂日も早、晩区間で0水田で9日間、R水田で7日間の差があり（ベニアサヒ、秋の詩は同時期）、栄養成長期間が早植区の方が長く（表3）、収量も多かった。

表3 2013年栄養成長期間(コシヒカリ)

	移植日	出穂日	栄養生長期間
0水田 早植区	5月18日	7月30日	74日間
0水田 晩植区	6月1日	8月8日	69日間
R水田 早植区	5月18日	8月1日	76日間
R水田 晩植区	6月1日	8月8日	69日間

5－2 栽植密度を異にした実験

栽植密度（3区）の違いが及ぼす影響は、2013年も土壤や移植時期を変えて認められなかった（表2）。これは2012年の結果と同様であり、この無施肥無農薬栽培圃場では気象条件に関わらず、栽植密度の違いが収量に大きな影響は及ぼさないものと考えられた。

6　まとめ

図2に示すOR両水田の5年間のベニアサヒの収量分布をみると、早植は晩植より一穂重が重く穂数が少ない傾向にある。また2009年から2013年のどの年の収量もR水田は0水田より少ない。そこで以下にR水田の収量を増収させる可能性について検討する。

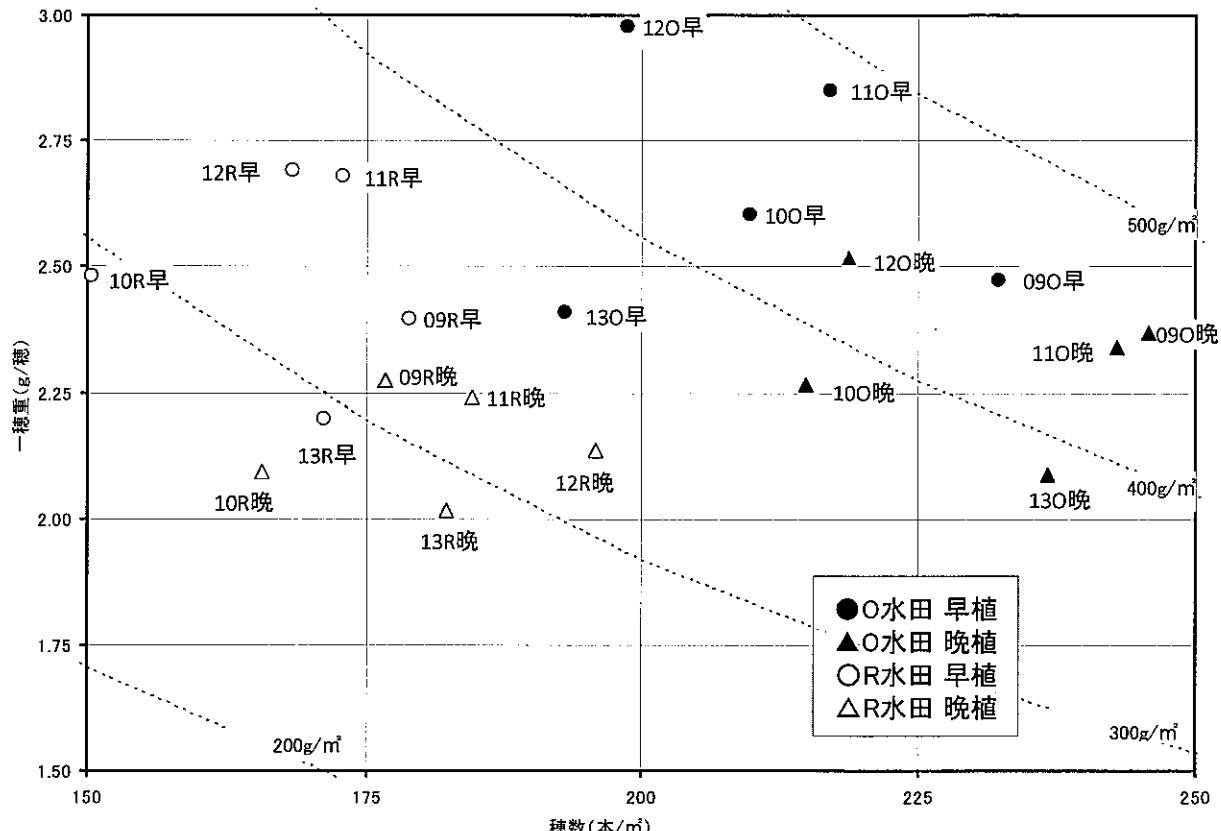


図2 2009～2013年 収量分布図(ベニアサヒ)

早晚植別の播種日、移植日、収穫日はOR両水田とも各年次で全く同じ日である。さらに出穂日は年次間による差異もほとんど無い。最高分蘖日は水田別に平均して比較すると、早植で8.4日、晩植で5.2日R水田がO水田よりも早かった(表4)。

表4 生育時期の記録(2009～2013年 ベニアサヒ)

	播種日	移植日	最高分蘖日	出穂日	収穫日	移植から最高分蘖
09年 O水田 早植区	3/22	5/16	6/28	8/23	10/4	(43)
10年 O水田 早植区	3/22	5/16	7/10	8/25	10/11	(55)
11年 O水田 早植区	4/2	5/15	8/6	8/25	10/9	(83)
12年 O水田 早植区	4/1	5/19	7/28	8/28	10/8	(70)
13年 O水田 早植区 平均	3/31	5/18	7/14	8/29	10/8	(57) (61.6)
09年 O水田 晚植区	4/5	5/30	7/12	8/23	10/4	(43)
10年 O水田 晚植区	4/5	5/31	7/10	8/25	10/11	(40)
11年 O水田 晚植区	4/17	6/4	7/23	8/25	10/9	(49)
12年 O水田 晚植区	4/14	6/2	7/21	8/28	10/8	(49)
13年 O水田 晚植区 平均	4/5	6/1	7/21	8/30	10/8	(50) (46.2)
09年 R水田 早植区	3/22	5/16	7/5	8/23	10/4	(50)
10年 R水田 早植区	3/22	5/16	7/10	8/25	10/11	(55)
11年 R水田 早植区	4/2	5/15	7/10	8/27	10/9	(56)
12年 R水田 早植区	4/1	5/19	7/14	8/28	10/8	(56)
13年 R水田 早植区 平均	3/31	5/18	7/6	8/29	10/8	(49) (53.2)
09年 R水田 晚植区	4/5	5/30	7/5	8/23	10/4	(36)
10年 R水田 晚植区	4/5	5/31	7/18	8/25	10/11	(48)
11年 R水田 晚植区	4/17	6/4	7/10	8/27	10/9	(36)
12年 R水田 晚植区	4/14	6/2	7/14	8/28	10/8	(42)
13年 R水田 晚植区 平均	4/5	6/1	7/14	9/2	10/8	(43) (41.0)

表5 分蘖期間と収量および
収量構成要素の相関関係

(2009～2013年 ベニアサヒ)

	O, R水田 早植	O, R水田 晚植
収量	0.49 **	0.34
穂数	0.18	0.43 *
1穂粒数	0.40 *	0.31
1000粒重	-0.44	-0.25
一穂重	0.61 **	0.03

* 相関係数検定 5%水準

** 相関係数検定 1%水準

ある。また 0, R 両水田の晩植では分蘖期間と収量との間にやや正の相関関係があり、分蘖期間と穗数との間にやや強い正の相関関係がある。穗数が多くなるのは晩植の特徴である。早植でも晩植でも分蘖期間が長い方が収量が多くなる、R 水田が 0 水田より収量が低いのは、R 水田の方が 0 水田よりも分蘖期間が短かかったことも一因であると思われた。

また N および C の含有量と収量とは正の相関関係があり、R 水田の N および C は 0 水田のそれらより多い（小林, 2014 本資料 P. 5）ので、R 水田の最高分蘖日が、0 水田より早くなるためには、①R 水田では栄養成長に必要な養分を早く吸収してしまった場合、②根が十分に張っておらず吸収できる範囲の土壤に限りがあった場合などが考えられる。また R 水田の方が 0 水田より収量が少ないことから、①ではなく②の土壤養分を吸収する根の発育状態に問題があるのではないかと考えられた。

本田移植後の根の生長は、苗の健全さと関係があると考えられることから、育苗期間と収量との関係を調べた。R 水田では育苗期間と収量との間に強い負の相関関係があり (-0.52**)、0 水田でも育苗期間と収量との間にやや負の相関関係がある (-0.35)。この理由として、①播種時期に地温が低く育苗期間を長くしても良質な苗にならない、②長い育苗期間により根の生長が大きく、移植後の植え傷みが大きい、③根の生長が抑制される育苗ポット内より本田のほうが稻の生育に有利である、などが考えられる。

これらにより育苗期間を短くすれば、健全な苗になり根が順調に生長して、養分が吸収できる土壤が増え、移植初期から土壤養分を十分に利用できるようになる可能性がある。それによって栄養成長期間を伸ばし、分蘖期間を長くする可能性がある。それによって R 水田での穗数を多くして、增收する可能性があるのではないかと思われた。

参考文献

- ・小林正幸 NPO 無施肥無農薬栽培調査研究会 2013 年度研究報告会 (2014)

無施肥無農薬栽培法において除草方法が 水稻の生育・収量に及ぼす影響（第5報）

報告者 丸田信宏・棄田光雄（NPO 無肥研）・白岩立彦（京大院農）

水稻の生育および収量に影響を及ぼす要因として、品種や気象に加えて、施肥技術・水管理などの栽培条件などがあげられる。また化学肥料や化学合成農薬の使用を制限した栽培法の場合、収量が不安定になる要因の一つとして雑草害があげられている。特に、化学肥料のみならず有機物も人為的に施用しない無施肥無農薬栽培（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といわれている。一方で50年以上の長期にわたって無施肥栽培を継続し、安定した収量をあげていた滋賀県栗東市の水田では雑草発生量が極端に少なくなっていたといわれている。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。総雑草量は2009年にはK2水田の方がK1水田よりも30%ほど少なく、K2水田に前年までの除草剤を用いた除草の効果が残っていることが示唆された。2010年は逆にK2水田の総雑草量がK1水田のそれよりも30%ほど多く発生していた。2011年はK2水田でのみ浮草が大量に発生したことで地表の雑草の発生が抑えられ、K2水田の雑草発生量が極端に少なくなった。2012年までの調査で、本水田では4回除草と3回除草の間の雑草量に大きな差はなく、3回除草でもある程度雑草を抑えられ、収量も確保できると考えられた。この報告は5年目の調査結果である。

1. 栽培概要

品種は例年同様、秋の詩を栽培。3月31日にポット育苗箱に播種し、ハウスで出芽させた。7日後に苗代へ置床し、湛水状態で育苗した（5月8日まで保護育苗）。本田は5月20日に代掻きし、田植えは5月23日に行った（約17株/m²）。除草管理は機械で行った（詳細は下記の試験概要参照）。水管理は、7月下旬に一度水を落とした。その後は収穫約3週間前まで再び湛水状態を維持し、9月29日に収穫した。

2. 試験概要

K1、K2両水田に表1に示した除草の回数と時期が異なる4処理区を3反

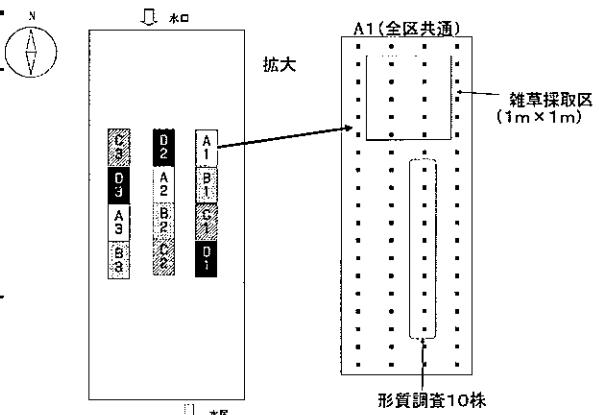
復設けた。除草はスクリューで約5~6cm下層から土を掻きあげ、雑草を浮かせる動力式歩行型除草機（和同産業 SC6W）を使用した。試験区は下図（図1）のように定めた。生育・形質調査は連続する10株について、1株茎数・草丈・最上位葉のSPAD値（単位葉面積当たり葉緑素量に比例する数値）を2週間毎に計測し、収穫後に1株茎数・稈長・穗長・1穗重などの主要形質を測定した。また、2週間ごとにかんがい水のEC値を水口・中央・水尻で測定した。さらに、土壤分析を行い、全窒素・全炭素量を測定した。雑草採取区（1m²）では、各除草時に、該当除草区内（各1区と3区の2反復）に生えている全ての雑草を採取し、生育量を調査した。

参考値として近隣の慣行施肥栽培水田の連続10株について、調査田と一緒に2週間ごとに生育調査した（キヌヒカリを栽培しており、5月10日に田植え、8月31日に収穫。雑草調査は行わなかった）。

表1 試験区の概要

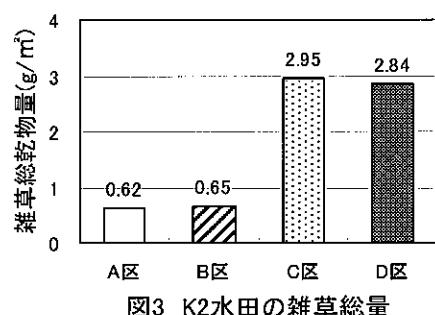
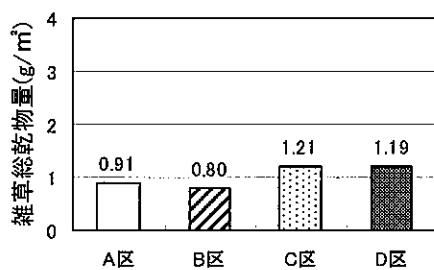
試験区	除草日			雑草量測定日
3回除草区(A)	+13	+22	+33	+13,+22,+33
1回除草区(B)	+13			+13,+33
1回除草区(C)		+33		+33
無除草区(D)				+33

+は代掻き後の日数



3. 試験結果

3-1 除草回数・除草時期・雑草量の影響



A区とB区の比較より（表1）、K1、K2共に13日目に除草すれば22日目に除草しなくても33日までの雑草量に大きな差はなかった（図2、3）。またB区とCD区の比較より（表1）、代掻き後13日目に除草を行なうと、代掻き後33日目まではかなりの雑草量を抑えることができた（図2、3）。これらより、代掻

き後早めの時期に除草を行なえば、除草回数を減らしても雑草量をある程度抑えることができるものと考えられた。本水田の雑草量は、収量に大きな影響を与えるほど多くはないようで、雑草処理の異なる区間に収量の顕著な差はなかった(図4、5)が、雑草が多く収量に影響を及ぼすような水田では、代掻き後早めの除草が雑草量を減らし、収量確保に効果があるものと考えられた。

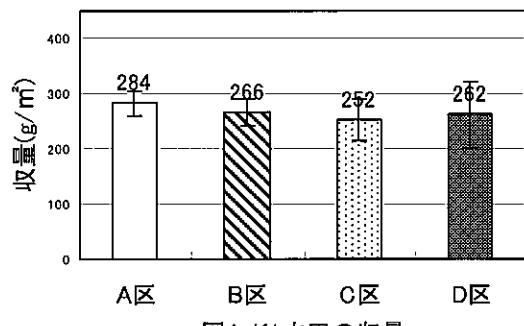


図4:K1水田の収量

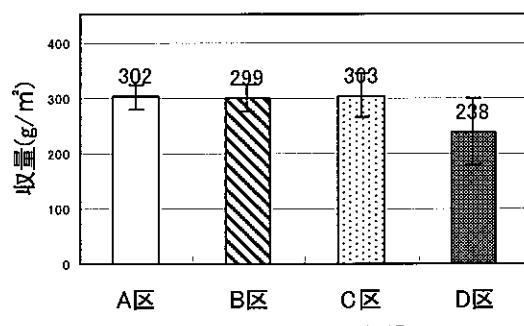


図5:K2水田の収量

無除草区では、過去5年間のどの年もどちらの水田においても、収穫指数は除草を3~4回行なった区よりも低かった(表2)。茎数・草丈の栄養成長は無除草区の方が大きくなる場合もあり、収量も必ずしもA>Dとはならなかつたが、収穫指数は調査を行っている5年間では常にA>Dとなつた。このことから、雑草の発生は生殖成長期にマイナスの影響を与えると考えられた。

表2 収穫指数%(穗重/全乾物重×100)と推定収量(kg/10a)

	2009		2010		2011		2012		2013	
	収穫指数	推定収量								
K1A	46.0	254	44.7	258	49.8	307	52.4	257	42.5	284
K1D	43.5	233	43.6	227	47.0	294	50.1	228	40.9	262
K2A	48.2	443	47.7	360	45.0	432	51.2	409	39.9	302
K2D	47.7	418	46.4	378	44.1	450	48.1	365	36.7	237

3-2 生育に及ぼす影響

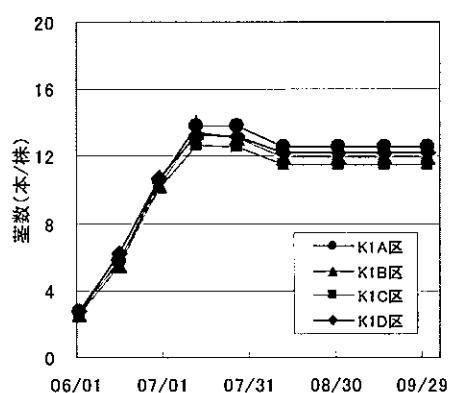


図6 除草回数の違いによる茎数比較(K1)

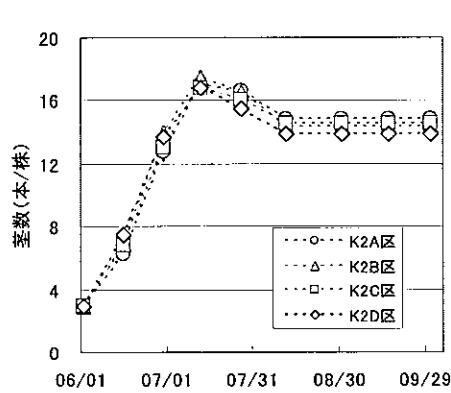


図7 除草回数の違いによる茎数比較(K2)

それぞれの水田内において除草回数の違いが生育に影響をほとんど及ぼさなかった(図 6、7)のは、雑草の発生量が全体的に少なかったことによると考えられる。一方、K1 と K2 の水田間には差が認められた。その中で本年は K1 と K2 との最終的な茎数の差は 5 年間で最も小さかった(2012 年までの K1 水田 4 年間平均茎数は K2 の約 65%。2013 年は約 86%)。これは K2 の残存施肥成分が 5 年間でかなり減少したからとも考えられたが、K1 水田の代掻き前の土壤全 C および全 N の量は K2 のそれらの 25~50% であり、土壤成分にはまだ大きな違いがあった(表 3)ことから、5 年目でなぜ急速に茎数の差が縮まったかは不明である。

表3 土壤分析 全窒素・全炭素量 (C-N)

採取日	圃場名	位置	N content (% in AD soil)	C content (% in AD soil)	C/N比
2013/05/06	K1	水口	0.082	0.961	34.5
2013/05/06	K1	中央	0.108	1.232	33.8
2013/05/06	K1	水尻	0.091	1.094	35.5
2013/05/06	K2	水口	0.273	3.693	40.1
2013/05/06	K2	中央	0.273	3.679	39.9
2013/05/06	K2	水尻	0.407	4.808	34.9

K1、K2 間で茎数の差が縮まったことで、2013 年の両水田間の収量の差は最も小さくなった(2012 年までは K1 の収量は K2 の約 66%。2013 年は約 94%)。今後、K2 水田の収量動向についても、調査を続けて行きたい。

K1 水田の茎数は 5 年間の調査では最も多かった。これは例年に比べ梅雨明けが早く、7 月上旬から日照時間が増えたことで、その時期の生育が促進されたためではないかと思われた。しかし K1 では、例年よりも無効分げつが多く(図 8)、穂重が例年よりも少なかったために収量増加にはつながらなかった(表 3)。

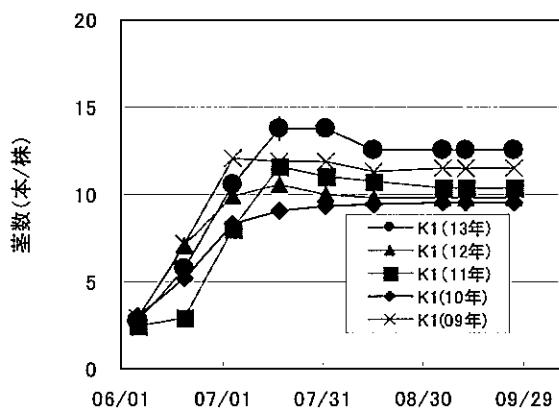


図8 5年間のK1茎数比較(A区)

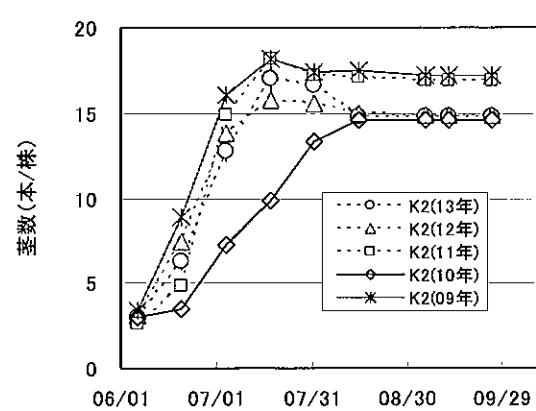


図9 5年間のK2茎数比較(A区)

これまでの調査から、本田においては、茎数を増やすことが収量増加につながるものと考えてきたが、本年の結果から、増収するための要因は茎数の増加だけではないことが示唆された。(別に行った播種量を異にした実験では、本田移植の時に茎数が多いと最終の茎数も多くなるものの、1穂重が小さくなるため、収量の差は認められなかった。)

表4 K1,K2の収量構成要素5年間比較(2009年～2012年は4回除草区, 2013年は3回除草区)

区	年	茎数(本/株)	穂重(g/本)	1000粒重(g)
K1	2009	11.07	1.83	21.96
	2010	9.47	2.18	22.36
	2011	10.33	2.28	
	2012	9.87	1.94	22.89
	2013	12.37	1.83	20.77
K2	2009	16.77	2.04	20.95
	2010	14.63	1.88	21.19
	2011	16.87	2.03	
	2012	14.90	2.09	22.84
	2013	14.27	1.72	21.70

収穫指数は、この5年間で最も低かった(表2)が、これは①栄養成長期に分けつを増やしすぎ、無効分けつが多くなったこと、②生殖成長期に充分な養分を吸収し利用することができなかつたこと、などが原因ではないかと考えられる。(他の無施肥水田と比較すると稔実歩合が低く、K1は約86%、K2は約84%であった。)

3-3 かんがい水のEC値の比較

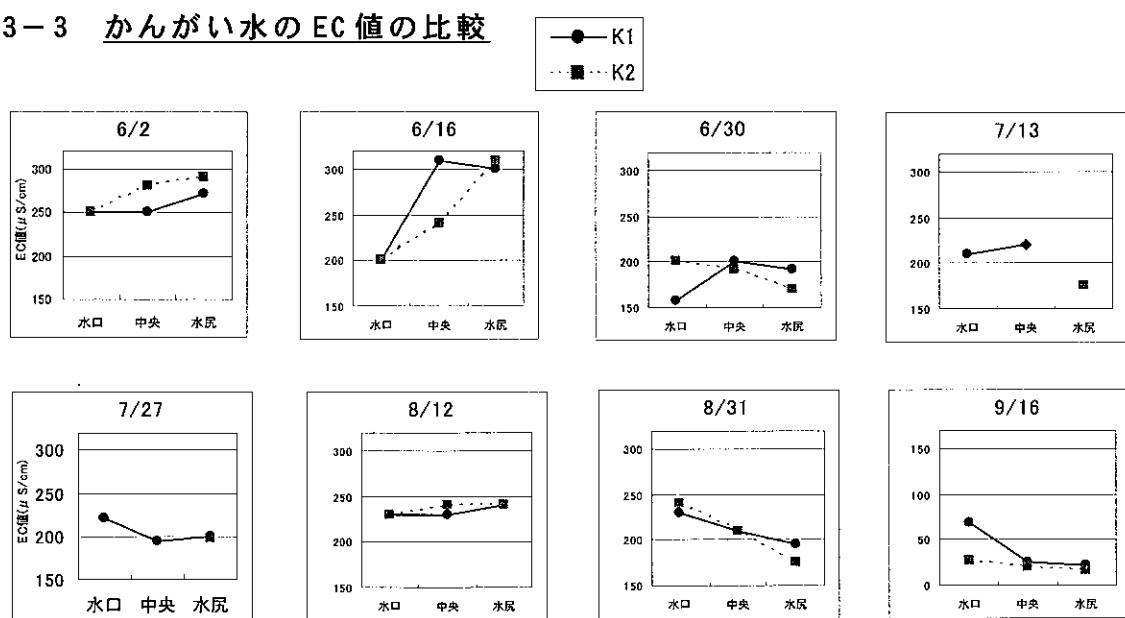


図 10 K1,K2 の水の EC 値 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

代掻き後1か月くらいまでは、水口よりも水尻のかんがい水のEC値のほうが大きかった。これはかんがい水に溶存する養分が土壤に吸着・沈殿されるよりも、土壤から放出される養分の量が多かった可能性を示すものと考えられる。

その後、6月下旬から8月中旬までは水口と水尻部のかんがい水のEC値に大きな差はなくなった。これは、かんがい水中の養分が土壤に吸着・沈殿される量と土壤から放出される量がおおむね釣り合っていたものと考えられる。

そして8月下旬から9月下旬まではかんがい水のEC値は水口、中央、水尻へと段々減少していた。これは、出穂や粒を充実させるために水稻が必要な養分を吸収したことで、土壤に養分の欠乏が起り、かんがい水から土壤に吸着される養分量が増加したのではないかと推察された。

小倉圃場の無施肥水田では、どの時期のEC値も水口>中央>水尻となっていた。それに対して、亀岡水田のEC値の変化から考えると、本水田では、特に生育初期において、養分を作物が十分に取り込めていないことが、低収量の原因ではないかとも考えることができる。もしもそうであるならば、活着が早い苗を作るなどして、生育初期もしっかりと養分を吸収できるようにすれば、増収につながる可能性があると考えられた。

4、今後の研究課題

2013年はK2水田の収量が減少した。この低収が無施肥栽培を継続することで継続するのか、または他の無施肥水田に見られるように増収に転じるのか、経年的に調査していきたい。その際に、水稻の生育・収量だけでなく土壤とかんがい水の養分動態にも視野を広げて分析していくことが望ましく思われる。なお、この亀岡水田は他の無施肥水田と比べて収量が低いが、この水田に適応した育苗方法や、冬耕・春耕などの圃場管理、中干し・間断かんがいなどの水管理などの効果についても調査し、増収の可能性を探りたいと考えている。

ダイズを作ろう—生理生態的特性と栽培技術—

白岩立彦

(京都大学大学院農学研究科)

(京大農場報告第16号：61-67より転載)

ダイズ (*Glycine max*) は一年生草本の短日植物である。東アジア起源と考えられており、祖先種のツルマメ (*Glycine soja*) はわが国でも広く自生している。主要生産国はアメリカ、ブラジル、中国およびアルゼンチンであり、特に南米における近年の生産の伸びは著しい。それらの国々と比べ、日本ではダイズの利用の歴史がはるかに長いが、それにもかかわらず国内生産量は年間需要量である 500 万 t 強のわずか 5 % 前後に過ぎない。ダイズの自給率向上のために、水田稲作に比べて大きく劣っているダイズ作の生産性と安定性の向上が強く望まれているところである。本講座では、ダイズの生理生態的特性と栽培上の要点を概説した。

1. ダイズの栄養生長と生殖生長

図 1 にダイズの生育経過が要約されている。ダイズは無胚乳種子であり子葉に種子養分が蓄えられている。近畿地方の適期である 5 月から 6 月に播種すると数日から 1 週間で子葉が出現する（地上子葉型）。3 小葉から複葉が互生しながら出現したのち下位葉の葉腋から分枝が発生する。分枝は上位の主茎葉に発生するものほど葉数が少なくなり、ある葉位よりも上の葉の葉腋には花芽のみが生じる。開花は中位の主茎節から始まり（開花期），それは

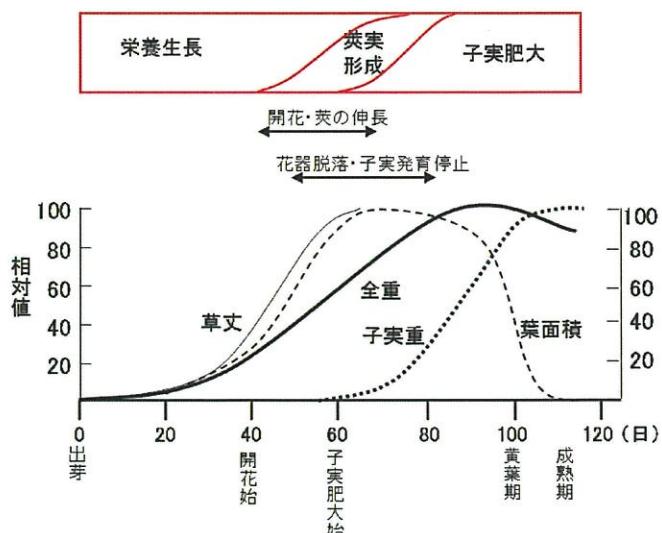


図 1. ダイズの生育過程
横軸の数字は出芽後日数で、近畿地方において中生品種を 6 月に播種した場合の例。縦軸は各形質の生育期間中の最大値を 100 としたときの相対値。

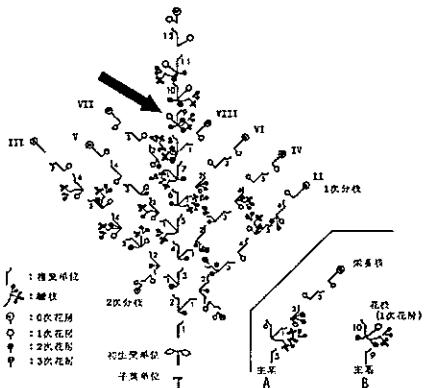


図2. ダイズの分枝体系と次位別花房着生様相の模式図(島越ら, 1981)

0次花房、茎頂端につく花房: 1次花房、葉腋につく花房: 2次花房、1次花房または分枝の基部に着く花房: 次枝、複葉とともにうなう次枝には3次花房。最初に開花するのは主茎の最上位分枝の直上節の1次花房(黒矢印)。この位置を含め、主茎中位と下位分枝の中位節に特に多くの花房と莢が着生する。

順次上位節や分枝および分枝発生節に及び、個体全体としては通常2~3週間ほど続く(図2)。この間に早く咲いた花から莢が発達し、開花開始からおよそ1カ月後に莢の中の子実が肥大を始める。子実の肥大は20日から30日間の間に急速に進み、早く発達した莢から緑色と水分が抜け始め、やがて全体が成熟する。その際、栄養器官である葉はほとんど脱落し、収穫期には熟色を呈した茎と莢だけが残るのが通常である。

イネ科作物では、通常開花が短期間に起こり、その時期は重要な生育転換点とみなされる。開花期を境にして、光合成を起点として生産される諸々の有機物の主たるシンクが栄養器官から生殖器官に変わるためにある。開花を中心とする期間は、花器が完成し種子の成長が軌道にのるまでの期間であり、それらは収量キャパシティ（生殖器官を容器にたとえたときの最大容量）の形成すなわち実際の子実の成長の準備という重要なプロセスである。よって同期間では作物の生育が最も活発になるよう肥培管理に注意が払われ、また気象条件が収量に及ぼす影響もこの時期に大きい。

同じ子実作物でありながら、ダイズの場合は開花の開始が始まってからもしばらく栄養生長が続く点が特徴的である。茎の伸長および乾物重の増加は、品種のタイプにもよるが、子実肥大が本格的に始まる頃（開花期の約1カ月後）までみられることが多い（図1）。この間に起こる莢実の形成は、イネにおける出穂・開花前の幼穂発育過程と似ており、その間は生殖器官はまだ光合成産物を栄養器官と分け合っている（競合しているとよく表現される）状態にある。物質の動きからみれば、イネの開花期にあたる転換期はダイズの場合、いわゆる開花期でなく子実肥大の初期にあたると思われる。

ダイズでは開花数の半分以上が着莢せずに脱落することが多く、加えて1莢当たりの粒数もかなり変動するが、それだけ、収量キャパシティの決定が長期間にわたることになる。そして、生育の良否がダイズの収量を決定づける程度は、イネのように開

花期周辺ではなく、それよりも後期の子実肥大始期でピークになることが指摘されている (Shiraiwa et al., 2004)。このように、ダイズは栄養成長と生殖成長の重複期間が長く、収量の形成は開花始期以降も長い期間をかけて行われ、その中でも比較的後期の生育は収量決定上重要な時期となっている。

ところで、ダイズの植物体は風雨が原因で倒伏した後などに蔓化（蔓ぼけ）あるいは徒長症状をみせることがある（図3）。特に開花期間に倒伏が起こると、茎の伸長と開花が長く併行的に進み、図1で示した栄養生長と莢実形成が並行する過程において栄養生長の終わりが不鮮明となる。蔓化が生じた場合は着莢数が少ないために減収することが多い。

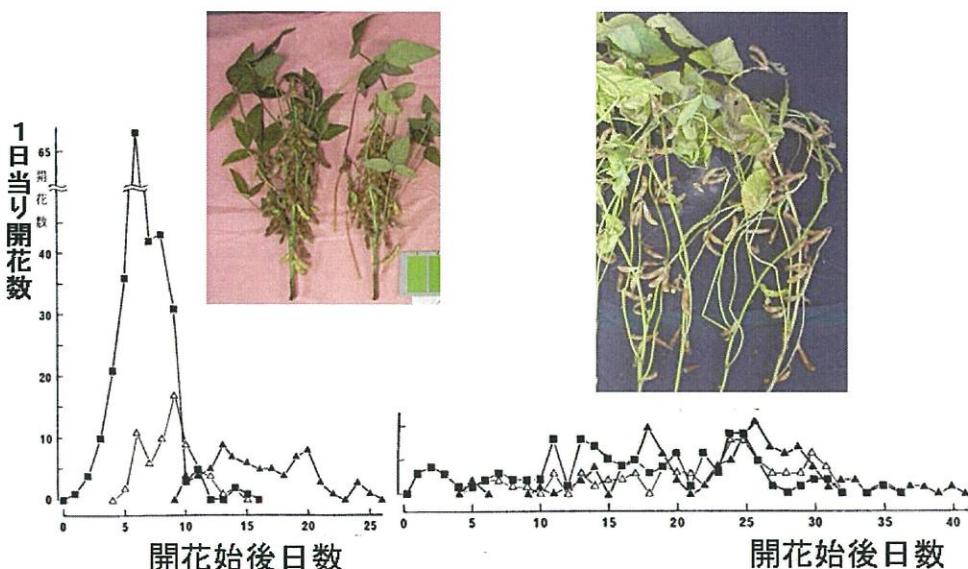


図3. 通常の生育をしたダイズ（左）と倒伏蔓化したダイズ（右）の着莢状況および開花数の推移（白岩ら 1981をもとに作成）

通常は、1次花房（■）、0次花房（△）、2次花房（▲、梗枝を含む）の順に、それぞれの開花が短期間に集中して起こるが、徒長・蔓化が発生したときの開花は、茎の伸長と平行しながらだらだらと続く。このような場合は着莢不良により減収することが多い。

2. 土壤環境に左右されやすい窒素固定

ダイズのもうひとつの重要な特徴は、根粒菌との共生による窒素固定が旺盛で、これによって子実に多量に蓄積されるタンパク質に必要な窒素の供給をしていることがある。たとえば、日本の水田転換畑ダイズでみられる多収事例ではヘクタール当たりおよそ4tの子実が収穫されるが、そのために必要な窒素は230kgとなりこれは日本の水

稻における平均的な窒素施肥量の2~3倍の量である。通常、その半分以上あるいはほとんどが共生的窒素固定によってまかなわれている。ダイズは、同様に窒素固定を行う多くのマメ科植物の中でも特にその量が多い部類に入る。

ただし共生的窒素固定には大きなエネルギー負担がともなっている。窒素固定は根粒菌のニトロゲナーゼの働きによって気体窒素がアンモニア態窒素に還元する過程だが、それに必要な還元力さえあれば反応が進むのではなく、根粒菌の生活と活動の場である根粒の形成と維持にもエネルギーが必要である。窒素1g当たりどれだけの炭水化物を消費するかは、単純な評価は難しいが、現在のところ少なくとも7g、多い場合は15gのグルコースが必要になると思われる (Cannell and Thornley 2000)。ダイズにおける根粒の乾物重は、子実肥大始期までは増加すなわち成長を続けるがその後はほとんどみられなくなる (白岩・橋川 1991)。また、窒素固定活性は子実肥大が旺盛になりその乾物增加が直線に増加するステージに入ると急激に低下することが知られている (Lorn and Brun 1974)。これらのことは、ダイズにとって共生相手である根粒菌との相互依存関係も綿密な制御のもとのあることを示唆しており、次世代の生産という最重要的過程がはじまるとき速にダイズと根粒菌との共生関係が希薄になるようみえる。

さらに、共生的窒素固定の活性は、光合成作用に比べて土壤水分環境の影響を敏感受けることも知られている (Serraj et al. 2001)。土壤水分のうち植物が吸水利用できる部分を有効水というが、吸水停止によって培地を徐々に乾燥させていった場合、有効水の30%程度の土壤乾燥まで光合成速度の低下はあまりみられないのに対して、窒素固定は50%をきった段階から顕著な低下を始める。図4の写真の右側は、圃場の



図4. 播種後約1ヶ月の水田転換地ダイズ圃場。左は成育良好、右は湿害圃場（滋賀県草津市の田畠転換地）

過湿によって初期生育が阻害されている状況であるが、生育が小さいだけでなく葉色も淡く明らかな窒素不足の状態にある。根粒着生とその活性が著しく抑えられているためである。元来、共生的窒素固定には酸素と水の両方の適度な供給が持続することが必要であり、根粒着生に好適な土

壤の三相分布あるいは物理環境の幅は根の成長のそれに比べて狭い。根粒は着生場所は、湿潤な圃場では地表付近の株直下に集中するなど、限られることが多い。このことは、土壤環境が安定を欠くことがダイズの生産性にとって大きなマイナスになることを示している。ある土壤環境に順応して特定位置に根粒が形成されても、好適環境域が大きく変化してしまえばせっかく形成した根粒もその役割を果たせず、植物体からいえば窒素の獲得のために再び新たな根粒を構築する必要が生じるからである。

3. ダイズ栽培の要点

ダイズ栽培の成否を決定づける最初の、かつ最も重要な要因は出芽・苗立ちであろう。とりわけ水分環境は重要であり、播種時の乾燥は出芽を遅らせる一方、加湿も重要な苗立ち阻害要因となる。特に播種後の冠水は、2~3日間程度でも冠水でも出芽を著しく阻害する。このため、ダイズの冠水抵抗性の遺伝的改良は重要な研究テーマになっている。一方、また栽培技術の開発・普及も進められている。例えば、排水が遅れがちな水田輪換畑の場合、土壤が固まった状態に比べて耕起を行った後では圃場表面からの排水が顕著に妨げられる。そこで播種前の耕起を省くか最小限としながらダイズ種子を播種する方法がある。例えば、滋賀県では地下水位の高い圃場でも出芽が安定するように、土壤の表層のみを浅く耕して小さな畦を作り、その中のやや高い位置に播種する方法を考案し、ダイズの初期生育改善に安定した効果を得た（中山ら2007）。 “浅耕うね立て”は、トラクタに通常装着されているロータリー爪の一部の向きを付けかえるのみで可能になる技術であり、特別の装置を必要としない点が注目される。手作業で播種を行う場合でも、排水が良好でない場合は播種位置を高くする、すなわち排水溝をしっかりと設けることが肝要となっている。

ダイズは短日植物であり、日長感応性が著しく低い一部の極早生品種を除いて早期に播種するほど開花まで日数が長くなる。開花から成熟までの日数も日長の影響を受けており、その期間は開花期が早いほど長いのが一般である。言うまでもなく生育期間の長さは栄養成長量に直接影響し、早く播種するほど生育量確保に有利となる。

ただし、わが国のように夏から秋にかけて時折強い雨風にみまわれる条件では、ダイズは生育量の調節が難しい作物となっている。生育期間が短い場合は生育量の不足が収量の不足に直結するが、他方、支柱などを行わない群落栽培では、過大な生育はその枝折れや倒伏を増すからである。せっかく作り上げたりっぱなダイズ群落が、1日の風雨のために損なわれることがしばしば経験される。生育量が非常に大きくなつた割には収量が増大しない状態をしばしば“過繁茂”と呼ぶが、前項でも述べたように、倒伏などが原因で群落の光合成機能や莢実の形成がそこなわれた状況を指すことが多いと思われる。このように生育量にはある限られた適値域があるため、生育期間が長くなることが予想される早期播種や晩生品種の栽培では疎植気味にし、逆に生育量の不足が懸念される晚期栽培では密植気味に栽植密度を設定するのが通常である。

図5は栽植密度を3倍に変えて栽培した結果で、2つの写真に収まっている個体は同じ土地面積から収穫されたものである。ともに慣行作期よりもやや早めに播種されたが、左側は密植により分枝の発生が抑えられるとともに主茎の伸長が著しく、右の疎植区に比べて明らかに倒伏の危険が大きくなっていた（白岩と橋川 1993）。なお“過繁茂”については、群落の光合成による炭水化物生産量が葉面積がある程度以上大きくなると増大しないのに対して、光合成産物の消費過程である呼吸、厳密にはその一部である維持呼吸、が生育量に比例して増大することにより、両者の差し引きとしての生育速度は群落が過大になると低下するために起こる現象としてもとらえられてき

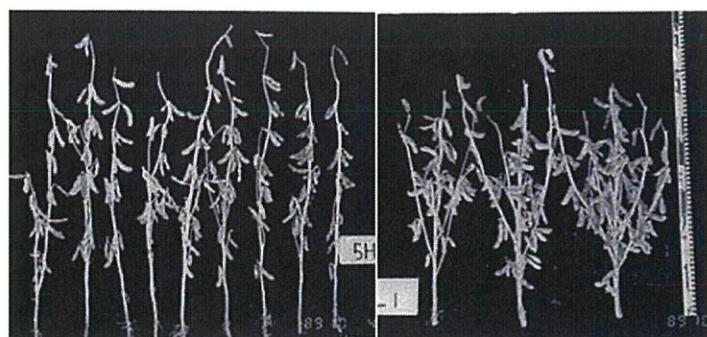


図5. 栽植密度がダイズの草姿に及ぼす影響
左, 75cm×5cm(26.7個体/m²); 右, 75cm×15cm(8.9個体/m²)

た。しかし、ダイズ群落についてはその実態は明らかでなく、生産効率を評価し改善策と示すために解明するべき課題の1つと思われる。

ダイズ栽培を難しくするもう一つの主要阻害要因は病害虫であり、それらの対策が栽培技術に占めるウェイトは他の作物に比べて大きい。薬剤防除を含む種々の方法が用いられるが、その詳細は他に譲るとして、表1に主な病害虫に対してできるだけ農薬を用いないで可能な対策例を列挙した。植物は本来、動物や昆虫による食害から守るためにその体に有毒性分を含む。マメ科植物の体は特にその種類が多いことが知られており、それは動物や昆虫の攻撃にさらされやすいことを示している。植物体とくに莢実が栄養に富むことが一因になっているのであろう。表1のカメムシ類や鱗翅目(蛾)幼虫の被害は、この場合でも莢実形成期の特に後半で大きく、その時期の発生には特に注意する必要がある。

4. 輪換水田の地力に関して

ダイズの多収事例では水稻に施肥される量の数倍の窒素が、ダイズの植物体に蓄積されることを前に述べた。その大きな部分は共生的窒素固定によって支えられているが、一部は土壤からの無機態窒素の吸収によってまかなわれている。ダイズの土壤由来窒素依存率は、2割から5割程度に見積もられることが多いが、そのような低い比率でも全体の窒素要求量が多いために必要とする土壤窒素は決して少ないと言えない。このためダイズは、少なくとも多収穫を志向した場合、地力維持・増進作物というよりも、窒素地力の收奪が比較的少ない作物とみるべきであろう。その水田の窒素地力

表1. ダイズの主な病害虫と農薬を極力使わない防除手段

モザイク病	無病種子、ア布拉ムシの薬剤防除。
紫斑病	無病種子。
茎疫病	株元排水、病株抜取り。
白粉病	病株抜取り。
カメムシ類・ヨトウ虫・マメヒメサ ヤムシガ他	着莢期以降に発生したら早期に薬剤散布

が維持されえるかどうかが懸念されている。近年、輪換田におけるダイズの生育量が畑作の累積期間が長くなった今日、低下傾向にあるからである（図6），具体的な研究例は限られるが、水稻連作田では維持されている窒素発現量が、輪換田で低くなっているという報告がなされている（池永ら 2005）。1970年代以降の米生産調整によって水田の転換畑利用期間が長くなり、また水田の整備による乾田化が進行してきたが、日本の水田土壤は、特に近年その乾燥しやすさおよび期間の長さの両面から今までにない酸化的な条件すなわち土壤有機物の分解が促進されやすい条件にさらされている。このため元来乾土効果による窒素発現の促進が期待されている田畑輪換でも、土壤の潜在地力の消耗が次第に現れているかもしれない。水田地力の実態の把握および変化の機構の解明が強く求められている。

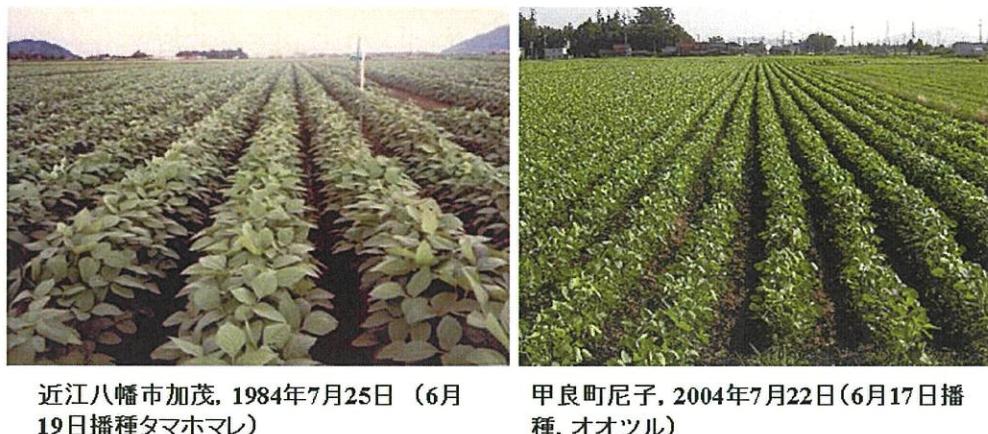


図6. 水田輪換畑ダイズの生育状況

左は1984年、右は2004年に、ともに良い条件が整った圃場でほぼ同じ播種後日数において撮影したもの。

おわりに

わが国で消費されるダイズはほとんどが外国からの輸入に依存している。世界の作物生産は気象変動などに起因する不安定性を依然として克服しておらず、局地的な不

作は絶えず世界のどこかで起こっている。このような状況を考えると、ダイズを含む主要穀物の国内自給率向上はきわめて重要な問題である。上述したように、ダイズはその食品としての価値が高い一方で、むしろそれゆえに、生育・収量が不安定になりやすい。本講座は身近なダイズ栽培の参考に供する目的で行ったが、こういった機会を通じて、国内のダイズ生産への理解が深まることを望むものである。

引用文献

- Cannell, M.G.R. and J.H.M. Thornley 2000. Modeling the components of plant respiration: Some guiding principles. Ann. Bot. 85 : 45—54.
- 池永幸子・松本二香・井上博茂・稻村達也 (2005) 田畑輪換田における土壤の窒素発現と水稻 (*Oryza sativa L.*) による窒素吸収の圃場間と年次間の変異—奈良盆地における4年間の比較—。日作紀74 : 291—297
- Lawn, R.J. and W.A. Brun 1974. Symbiotic nitrogen fixation in soybeans. I. Effect of photosynthetic source-sink manipulations. Crop Sci. 14 : 11—16.
- 中山孝彦・河村久紀・北浦裕之・中井譲 (2007) 麦跡輪換畠における大豆の浅耕うね立て同時播種技術。滋賀県農業技術振興センター研究報告46 (印刷中) .
- Serraj, R., T.R. Sinclair, and L.C. Purcell, (1999) Symbiotic N₂ fixation response to drought. J. Exp. Bot. 50 : 143—155
- Shiraiwa, T., N. Ueno, S. Shimada and T. Horie (2004) Correlation between yielding ability and dry matter productivity during initial seed filling stage in various soybean genotypes. Plant Prod. Sci. 7 : 138—142.
- 白岩立彦・橋川潮 (1991) ダイズの生育と子実収量の個体密度反応 1. 地下部の生長、および地上部との関係。滋賀短大学雑. 40 : 47—52.
- 白岩立彦・橋川潮 (1993) ダイズ個体群の光エネルギー変換効率の変動要因の解析。日作紀62 : 1—8.
- 白岩立彦・鳥越洋一・栗原浩 (1981) ダイズの発育形態と収量成立に関する研究. 第4 報次位別開花・結実習性の播種期反応と品種間差異。日作紀50 (別2) : 53—54.
- 鳥越洋一・白岩立彦・栗原浩 (1981) ダイズの発育形態と収量成立に関する研究. 第3 報櫛枝—複葉を持つ2次花房—について。日作紀50 (別2) : 51—52.