

研究論文

栽培

水田転換畑における不耕起ダイズの生育に及ぼす降水の影響

村田資治・井上博茂・稲村達也

(京都大学大学院農学研究科)

要旨：水田転換畑において、異なる降水条件下で生育した不耕起ダイズの乾物生産過程を耕起ダイズと比較することで、不耕起ダイズの生育特性を降水量の多少と関連付けて検討した。試験は播種から開花期までの降水量が大きく異なる2009年と2010年に行った。2009年は、2010年と比較して、播種から開花期までの降水の頻度が著しく高く総降水量も多かった。2009年は、耕起と比較して不耕起で、播種から開花期まで土壌水分含量が高く維持された。不耕起ダイズの主茎長、主茎節数、開花期以降の地上部乾物重は、2009年には耕起ダイズと比較して抑制されていたが、2010年は耕起ダイズと比較して旺盛であった。特に、地上部乾物重の増加が著しい開花期から着莢期の個体群成長速度(CGR)および純同化率(NAR)に、年次と耕起法間で有意な交互作用が認められた。その要因のひとつとして、2009年は不耕起で土壌の過湿が著しかったため、耕起と比較して不耕起で、開花期の葉身窒素含有率が有意に低くなったことが考えられた。一方、2010年では、開花期と着莢期の葉身窒素含有率および根粒の窒素固定活性は耕起法間で変わらず、CGRおよびNARが耕起と比較して不耕起で有意に高かった理由は明らかではなかった。以上のことから、播種から開花期までの降水量が少ない年には、開花期以降の不耕起ダイズの生育は耕起と比較して旺盛となるが、播種から開花期までの降水量が多い年には、開花期以降の不耕起ダイズの生育は耕起と比較して抑制されることが示された。

キーワード：乾物生産、降雨、湿害、収量、成長解析、土壌水分、年次変動、不耕起。

日本で栽培されるダイズのうち8割以上が水田転換畑に作付けられているが(農林水産省大臣官房統計部2010)、その総生産量は依然として低く日本のダイズの自給率は2008年では6%にとどまっている(農林水産省大臣官房食糧安全保障課2011)。そのため、水田転換畑作ダイズの安定多収化が必要とされており、単位面積当たり収量の増大が重要な課題である。ダイズの不耕起栽培は適期播種による安定多収化と、耕起の省略による低コスト化が可能であるため、作付け面積の拡大のための有力な栽培方法の一つであると期待されている(濱田ら2002、濱口ら2004)。

不耕起栽培したダイズ(以下、不耕起ダイズ)の収量に関する報告は多く、水田転換畑における不耕起ダイズの収量は耕起栽培したダイズ(以下、耕起ダイズ)と同等以上であるとの報告が多い(小柳ら1998、浜口ら1998、高橋・中村2004、長野間2004、谷ら2008、坂東・藤山2010)。一方、水田転換畑における不耕起ダイズの生育について、初期の主茎長が短く生育が抑制気味になるという報告はあるものの(長野間ら1991、丸本ら1992)、栽培期間を通した不耕起ダイズの生育特性は明らかではない。畑地においては、不耕起ダイズの乾物生産過程や群落の成長速度が収量と関連付けて明らかにされつつある(Yusufら1999、

Pedersen and Lauer 2004)。しかし、日本の水田転換畑における不耕起ダイズの乾物生産過程や群落の成長速度に関する研究は非常に少ない。今後、不耕起栽培によって高いダイズ単収を得るには、収量成立に係わるこれらの生育特性を解明することが必要であると考えられる。

一般的に、日本の水田転換畑は、地下水位が高いため生育初期には梅雨の影響により多湿となりやすく(中山2002)、ダイズの開花期である7月中旬から8月下旬にかけては、蒸発量が降水量に比較して多くなるため乾燥するという特徴がある(平沢1995)。水田転換畑において播種から開花期までの降水量が平年より多い場合は、それが平年並みであった場合と比較して、開花期のダイズの主茎長や葉身窒素含有率が小さく、子実収量が減少したという報告があり(古畑ら2011)、日本の水田転換畑におけるダイズの生育収量は降水量の影響を強く受けることが考えられる。

このような特徴を持つ日本の水田転換畑においては、降水量の多少と関連付けて不耕起ダイズの生育特性を解明することが、ダイズの安定多収化のために必要であると考えられる。そこで本研究では、水田転換畑において異なる降水条件下で生育した不耕起ダイズの乾物生産過程を耕起ダ

第1表 播種前作土の化学性.

年次	耕起法	全炭素 (%)	全窒素 (%)	EC (mS m^{-1})	pH (H_2O)	可給態窒素 (mg kg^{-1})
2009	耕起	2.74	0.21	10.4	6.0	50.8
	不耕起	2.70	0.19	10.0	5.8	57.1
2010	耕起	—	—	6.2	6.0	58.0
	不耕起	—	—	6.0	5.9	71.9
耕起法 (A)		ns	ns	ns	ns	ns
年次 (B)		—	—	*	ns	ns
A × B		—	—	ns	ns	ns

*, ns: 5%水準でそれぞれ有意差あり, 有意差なし.

イズのそれと比較することにより, 不耕起ダイズの生育特性を明らかにするとともにその生育特性に及ぼす降水の影響について検討した.

材料と方法

1. 試験区の構成および土壌の化学性

試験は 2009 年および 2010 年に京都大学大学院農学研究科附属高槻農場の水田 (大阪府高槻市, 作土の土性: 埴壤土, 土壌分類: 灰色低地土, 面積: 500 m^2) で実施した. 供試水田における試験開始前の 4 年間 (2005 年から 2008 年) の作付けは水稻単作であり, 2009 年の夏作からダイズの水田転換畑作 (冬期休間) を開始した.

圃場を 4 分割して, それぞれの中に不耕起区と耕起区を設けた. 2009 年はそのうち 3 区画を 3 反復として使用し, 2010 年は 4 区画を 4 反復として使用した. 各反復の大きさは, $4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ とした. 第 1 表に, ダイズ播種前の作土の化学性を示した. 各年次において, 全炭素, 全窒素, EC, pH (H_2O) および可給態窒素に耕起法間で有意差が認められなかった. 年次間では, EC が 2009 年と比べて 2010 年で有意に低かった. 可給態窒素および pH (H_2O) に年次間で有意差が認められなかった.

2. 耕種概要

両年ともに, ダイズ品種は近畿, 中国地方で広く栽培され, 耐倒伏性に優れるサチユタカ (高橋ら, 2004) を用いた. 耕起区は播種前に作土約 15 cm を 2 回耕起した. 不耕起区は前作の収穫後から耕起を行わなかった. 2009 年は 6 月 19 日に, 株間 20 cm , 条間 40 cm (12.5 株 m^{-2}) で播種し, 施肥は行わなかった. 2010 年は 6 月 28 日の晩播となり, 株間 15 cm , 条間 30 cm (22.2 株 m^{-2}) で播種した. 播種前に苦土石灰 (80 g m^{-2}) を耕起区では全層施肥, 不耕起区では表層施肥し, 播種後 7 月 1 日に過リン酸石灰 ($\text{P}_2\text{O}_5 = 7 \text{ g m}^{-2}$) と塩化カリウム ($\text{K}_2\text{O} = 7 \text{ g m}^{-2}$) を表層施肥した. 両年とも, 1 株 2 粒播種し, 初生葉展開後に, 間引きを行って 1 株 1 本立てとした. 両年とも当地域の慣行に従い, 根粒菌の接種および窒素施肥は行わなかった. 生育期間中の管理は無中耕無培土とし, 雑草と病害虫の防除を適宜行った.

3. 生育期間中の降水量と土壌水分含量の調査

日降水量を圃場近傍に設置した転倒杓式雨量センサー (TE525-MM, Campbell Scientific Inc.) で測定し, データロガー (CR10X, Campbell Scientific Inc.) を用いて記録した. 地表から深さ 20 cm までの土壌水分含量を, TDR (Tektronix 1502 C, Campbell Scientific Inc.) を用いておよそ 7 日間隔で測定した.

4. ダイズ地上部の生育および収量の調査

2009 年は 8 月 7 日 (播種後 49 日, 開花期, 播種後日数について以下同様), 9 月 1 日 (74 日, 着莢期), 9 月 24 日 (97 日, 子実肥大期) および 10 月 25 日 (128 日, 成熟期), 2010 年は 8 月 11 日 (44 日, 開花期), 8 月 30 日 (63 日, 着莢期), 9 月 21 日 (85 日, 子実肥大期) および 10 月 27 日 (121 日, 成熟期) に地上部の生育を調査した. 1 回の調査で反復当たり 2009 年は 6 株, 2010 年は 9 株の地上部を子葉節で切断して採取した. 採取したサンプルの主茎長と主茎節数を測定した. 開花期と着莢期において, 採取したサンプルのうち 1 株について葉面積を計測した. その後, サンプルを 80°C で 72 時間通風乾燥し, 乾物重を測定した. これらから, 開花期から着莢期における個体群成長速度 (CGR), 純同化率 (NAR) および平均葉面積指数 (LAI) を算出した. 開花期と着莢期のダイズ葉身の窒素含有率をケルダール法により測定した.

収穫期に反復当たり 2009 年は 6 株, 2010 年は 15 株を採取し, 収量調査を行った. 採取した個体の莢数, 粒数, 百粒重, 含水率を測定して, 子実収量および収量構成要素を算出した. なお, 子実収量の含水率は 15 % とした.

5. 相対ウレイド法による根粒の窒素固定活性の測定

2010 年 8 月 11 日 (開花期) および 8 月 30 日 (着莢期) に, ダイズ地上部のサンプリングと同時に, Takahashi ら (1993) の方法に従い相対ウレイド法により根粒の窒素固定活性を測定した.

得られたデータについて, 各年次の各項目の耕起法間の差を t 検定によって検定した. さらに, 各項目について耕起法と年次で 2 要因分散分析を行った.

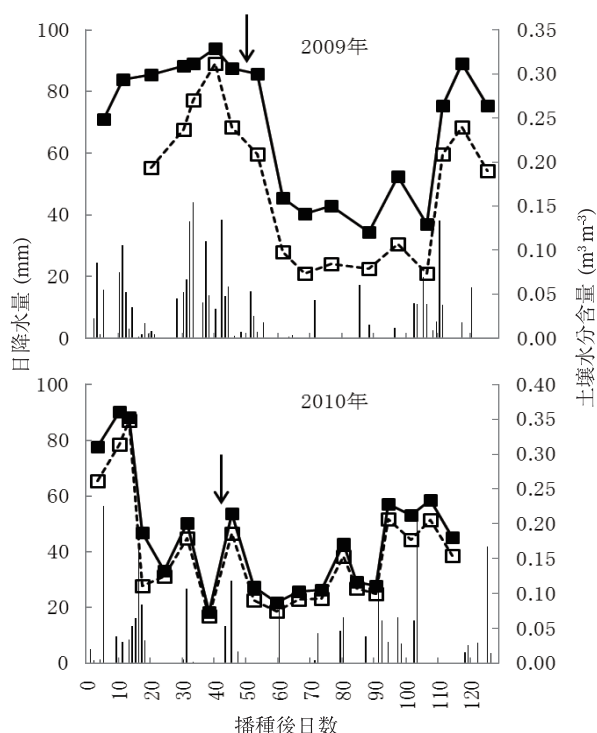
結 果

1. ダイズ生育期間中の日射量、降水パターンおよび土壌水分含量

第2表に2009年および2010年における6月から10月までの月別日射量を示した。開花期から着莢期を含む8月

第2表 月別日射量 ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$).

年次	6月	7月	8月	9月	10月
2009	20.0	17.0	18.1	17.1	13.0
2010	17.9	18.6	20.4	16.0	12.2



第1図 ダイズ生育期間中の日降水量と土壌水分含量の推移。
棒は日降水量、折れ線は土壌水分含量を示す。
■：不耕起、□：耕起。矢印は開花期を示す。

の日射量は、2009年と比較して2010年が高かった。第1図に、ダイズ生育期間中の日降水量と表層から20 cmの土壌水分含量を示した。2009年、2010年いずれの年次においても、生育初期に降水が多く、その後、降水は減少し、生育後半に再び降水が多くなる傾向が認められた。播種から開花期までの積算降水量は2009年が406 mm、2010年は234 mmであった。また、播種から開花期までの全日数(2009年；49日間、2010年；44日間)のうち、1 mm以上の降水を観測した日数の割合は2009年と2010年でそれぞれ55%と33%であった。つまり、2009年は、2010年と比較して、播種から開花期までの降水の頻度が著しく高く総降水量も多かった。表層から20 cmの土壌水分含量は、2009年、2010年いずれの年次においても日降水量の推移と同様に、生育初期は高く維持されて、その後急激に低下し、生育後半に再び高く維持される傾向が認められた。また、2009年は土壌水分含量が開花期まで高く維持されたのに対して、2010年は播種後2週間程度で低下した。つぎに、耕起法間で比較すると、2009年は生育期間を通して耕起と比較して不耕起は土壌水分含量が高く推移した。2010年は、播種後2週間は耕起と比較して不耕起で土壌水分含量が高く推移し、その後は耕起法間に相違はみられなかった。

2. ダイズ地上部の生育および収量

第3表に、生育時期別のダイズの主茎長を示した。2009年は、生育期間を通して耕起と比較して不耕起の主茎長が短い傾向であり、開花期と着莢期において耕起法間に有意差が認められた。2010年は、生育期間を通して主茎長に耕起法間で有意差が認められなかった。第4表に生育時期別のダイズの主茎節数を示した。2009年は、生育期間を通して耕起と比較して不耕起の主茎節数が少ない傾向であり、子実肥大期には耕起法間に有意差が認められた。2010年は、生育期間を通して、主茎節数に耕起法間で有意差が認められなかった。年次間では、2009年と比較して2010年の主茎節数が着莢期以降有意に少なかった。

第2図に、ダイズ地上部乾物重の推移を示した。2009年は、開花期において、耕起と比較して不耕起の地上部乾物

第3表 生育時期別のダイズ主茎長 (cm).

年次	耕起法	開花期	着莢期	子実肥大期	成熟期
2009	耕起	42.3 ± 0.3	49.5 ± 1.0	46.0 ± 3.0	46.6 ± 2.4
	不耕起	33.8 ^{##} ± 1.3	39.6 [#] ± 2.3	39.2 ± 1.8	42.2 ± 2.5
2010	耕起	45.0 ± 2.6	47.1 ± 3.1	47.5 ± 1.9	48.6 ± 2.7
	不耕起	42.0 ± 0.9	48.7 ± 1.8	49.0 ± 1.8	47.9 ± 1.4
耕起法 (A)		*	ns	ns	ns
年次 (B)		**	ns	*	ns
A × B		ns	*	ns	ns

^{##}, [#]; それぞれ1%, 5%水準で耕起法間に有意差あり。

ns: 5%水準で有意差なし。

^{**}, ^{*}; それぞれ1%, 5%水準で有意差あり。

第4表 生育時期別のダイズ主茎節数.

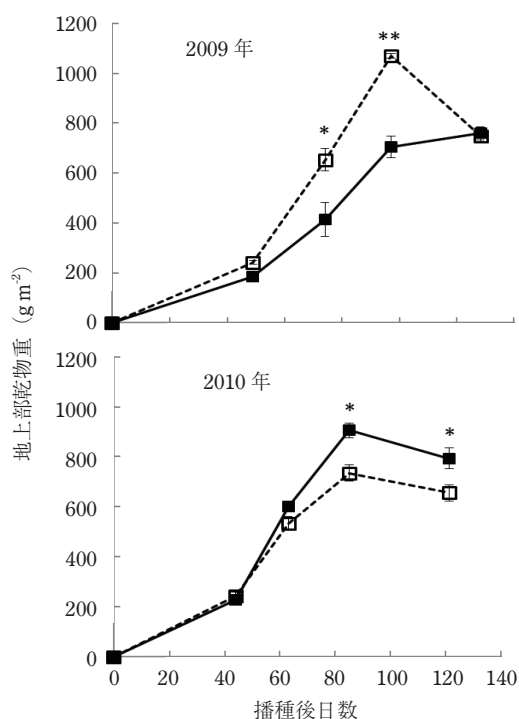
年次	耕起法	開花期	着莢期	子実肥大期	成熟期
2009	耕起	14.4 ± 0.7	14.0 ± 0.3	14.4 ± 0.1	14.2 ± 0.3
	不耕起	12.7 ± 0.3	13.9 ± 0.1	13.9 [#] ± 0.1	14.2 ± 0.2
2010	耕起	13.0 ± 0.3	13.0 ± 0.2	13.1 ± 0.2	13.2 ± 0.2
	不耕起	12.9 ± 0.1	12.8 ± 0.2	13.4 ± 0.1	12.8 ± 0.3
耕起法 (A)		ns	ns	ns	ns
年次 (B)		ns	***	***	***
A × B		ns	ns	*	ns

平均値 ± 標準誤差.

[#]; 5%水準で耕起法間に有意差あり.

ns; 5%水準で有意差なし.

***, *, それぞれ0.1%, 5%水準で有意差あり.



第2図 耕起法別の地上部乾物重の推移.

■: 不耕起, □: 耕起. パーは標準誤差を示す. **, *: それぞれ1%, 5%水準で耕起法間に有意差があることを示す.

重が小さい傾向であった. 着莢期と子実肥大期では耕起と比較して不耕起の地上部乾物重が有意に小さかった. 2010年は, 着莢期において, 耕起と比較して不耕起の地上部乾物重が大きい傾向であった. 子実肥大期および成熟期では耕起と比較して不耕起で有意に地上部乾物重が大きかった.

第5表に収量, 収量構成要素および収穫指数を示した. 2009年および2010年において, 収量と収量構成要素に耕起法間に有意差が認められなかった. 年次間では, 2010年は2009年と比較して莢数と収量が有意に少なかった.

3. 成長解析, 葉身窒素含有率および根粒の窒素固定活性

第6表に, 開花期から着莢期のCGR, NARおよびLAIを示した. 2009年は, 耕起と比較して不耕起のCGRおよびNARが有意に小さかった. 2010年は, 耕起と比較して不耕起のCGRおよびNARが有意に大きかった. 2009年, 2010年いずれも, LAIに耕起法間に有意差が認められなかった. CGRおよびNARに, 年次と耕起法の間で有意な交互作用が認められた.

第7表に, 開花期と着莢期のダイズの葉身窒素含有率を

第5表 ダイズの収量と収量構成要素.

年次	耕起法	莢数 (m ²)	一莢粒数	百粒重 (g)	子実重 (g m ²)
2009	耕起	934 ± 88	1.6 ± 0.1	33.3 ± 0.7	506 ± 15
	不耕起	956 ± 38	1.6 ± 0.0	32.9 ± 0.4	515 ± 24
2010	耕起	799 ± 7	1.6 ± 0.0	33.4 ± 0.8	433 ± 8
	不耕起	783 ± 16	1.6 ± 0.0	32.5 ± 0.6	410 ± 17
耕起法 (A)		ns	ns	ns	ns
年次 (B)		**	ns	ns	***
A × B		ns	ns	ns	ns

平均値 ± 標準誤差.

***, **: それぞれ0.1%, 1%水準で有意差あり.

ns; 5%水準で有意差なし.

第6表 開花期から着莢期における個体群成長速度 (CGR), 純同化率 (NAR) および平均葉面積指数 ($\overline{\text{LAI}}$).

年次	耕起法	CGR ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	NAR ($\text{g m}^{-2} \text{d}^{-1}$)	$\overline{\text{LAI}}$
2009	耕起	16.5 ± 1.6	3.3 ± 0.2	4.9 ± 0.2
	不耕起	$9.1^{\#} \pm 2.0$	$2.3^{\#} \pm 0.2$	4.0 ± 0.6
2010	耕起	15.3 ± 1.0	3.2 ± 0.1	4.8 ± 0.2
	不耕起	$19.7^{\#} \pm 0.9$	$3.8^{\#} \pm 0.2$	5.1 ± 0.2
耕起法 (A)		**	**	ns
年次 (B)		ns	ns	ns
A $\times$ B		**	***	ns

平均値 $\pm$ 標準誤差.

$^{\#}$: 5%水準で耕起法間に有意差あり.

***, ** : それぞれ 0.1%, 1%水準で有意差あり.

ns : 5%水準で有意差なし.

示した. 2009 年は, 開花期において耕起と比較して不耕起の葉身窒素含有率が有意に低かった. 着莢期には耕起法間で有意差が認められなかった. 2010 年は, 開花期および着莢期いずれの時期においても, 葉身窒素含有率に耕起法間で有意差が認められなかった. 開花期において, 年次と耕起法の間で有意な交互作用が認められた. 年次間では, 開花期および着莢期において 2009 年と比較して 2010 年の葉身窒素含有率が有意に高かった. 第 8 表に, 開花期と着莢期における相対ウレイド値を示した. 各時期において, 相対ウレイド値に有意な耕起法間差は認められず, 根粒の窒素固定活性に耕起法間で相違はみられなかった.

考 察

ダイズ生育初期に過湿が特に生じやすい水田転換畑において, 異なる降水条件下で生育した不耕起ダイズの乾物生産過程を耕起ダイズのそれと比較することにより, 水田転換畑作不耕起ダイズの生育特性を降水量の多少と関連付けて検討した.

主茎長, 主茎節数, 地上部乾物重を耕起法間で比較したところ, 2009 年における不耕起ダイズの生育は耕起ダイズと比較して抑制されていたが, 2010 年における不耕起ダイズの生育は耕起ダイズと比較して旺盛であった (第 3 表, 第 4 表, 第 2 図). 特に, 地上部乾物重の増加が著しい開花期から着莢期の CGR に, 年次と耕起法間で有意な交互作用が認められた (第 6 表). 同時期の CGR の年次間の変動係数は, 不耕起と耕起でそれぞれ 52%と 5%であり, 耕起と比べて不耕起で CGR の年次変動が大きいことが明らかになった.

2009 年において, 不耕起ダイズの開花期から着莢期の CGR が耕起と比較して低かったのは, 同時期の不耕起ダイズの NAR が耕起と比較して低かったためであった (第 6 表). 葉身窒素含有率は個葉光合成速度と密接な関係があることから (Sinclair and Horie 1989), NAR に影響を及

第7表 開花期と着莢期における葉身窒素含有率 (%).

年次	耕起法	開花期	着莢期
2009	耕起	2.8 ± 0.2	4.6 ± 0.0
	不耕起	$1.6^{##} \pm 0.0$	4.6 ± 0.1
2010	耕起	4.8 ± 0.0	5.4 ± 0.1
	不耕起	4.8 ± 0.1	5.5 ± 0.0
耕起法 (A)		***	ns
年次 (B)		***	***
A $\times$ B		***	ns

平均値 $\pm$ 標準誤差.

$^{##}$: 1%水準で耕起法間に有意差あり.

***: 0.1%水準で有意差あり.

ns: 5%水準で有意差なし.

第8表 2010 年の開花期と着莢期における相対ウレイド値 (%).

耕起法	開花期	着莢期
耕起	67.1 ± 1.6	67.4 ± 8.8
不耕起	61.9 ± 1.6	76.4 ± 2.3

平均値 $\pm$ 標準誤差.

各時期において 5%水準で耕起法間に有意差なし.

ぼす要因の一つと考えられる. 2009 年は耕起と比較して不耕起で開花期の葉身窒素含有率が有意に低かったために, 開花期から着莢期の NAR が低かった可能性が推察された (第 6 表, 第 7 表).

不耕起で葉身窒素含有率が低かった要因の一つとして, 2009 年は, 2010 年と比較して播種から開花期までの降水量が多く, なおかつ, 播種から開花期まで, 不耕起では耕起と比較して土壌水分の高い状態が維持されたことが考えられた (第 1 図). 水田転換畑において, 開花前の花芽分化期に過湿条件におかれると, ダイズの主茎長が短くなるとともに, 葉身窒素含有率が低下することが報告されている (杉本 1994). これらのことから, 本研究において,

2009 年は不耕起で土壌の過湿が著しかったものと考えられた。

一方、播種後 2 週間程度で土壌水分が低下した 2010 年では、耕起と比較して不耕起の CGR および NAR が高かった (第 1 図, 第 6 表)。本研究の結果と同様に、畑地において、不耕起ダイズは耕起ダイズと比較して、NAR の増加によって開花期以降 CGR が大きくなることが示されている (Yusuf ら 1999)。しかし、不耕起ダイズの NAR が開花期以降に大きくなる理由については明らかではない。2010 年の開花期と着莢期の葉身窒素含有率および根粒の窒素固定活性に有意な耕起法間差は認められなかったことから (第 7 表, 第 8 表), NAR の耕起法間差には窒素以外の要因が関与した可能性が推察された。本研究では、開花期から着莢期を含む 8 月の日射量が 2009 年と比較して 2010 年では高かった (第 2 表)。日射量と不耕起ダイズの NAR の関係について、受光体勢などの面から検討する必要があると考えられた。

ダイズの乾物生産と収量について、開花期の地上部乾物重と収量に相関が認められるという報告がある (藤井 1985, Board and Modali 2005)。その要因として、開花前 20 日ごろから開花期までの乾物生産は低次位花房花蕾数に、開花始期以降の乾物生産は高次位花房花蕾数に影響を及ぼすことにより、開花期前後の乾物生産が莢数を決定していると考えられる (齊藤ら 2001)。本研究では、各年次において、開花期以降の乾物生産に耕起法間で有意な差が認められたにもかかわらず、莢数および収量に耕起法間で差が認められなかった (第 5 表, 第 6 表)。これは、開花期までの乾物生産が耕起法間で変わらなかったことが影響している可能性が推察された (第 2 図)。一方、年次間において、2010 年は 2009 年と比較して収量が大きく低下した (第 5 表)。しかし、開花期の地上部乾物重に年次間で有意差が認められなかった。これまでの研究から、播種期が遅くなると、主茎節数および莢数が減少することにより、収量が低下することが明らかにされている (浅沼・奥村 1991, 内川ら 2009)。2010 年は 2009 年と比較して、主茎節数および莢数が減少したことから (第 4 表, 第 5 表), 2010 年の収量の低下には、開花期までの乾物生産の違いではなく、播種時期の遅れによる主茎節数および莢数の減少が影響したと考えられた。今後、不耕起ダイズの開花期前後の乾物生産と収量の関係を明らかにするうえで、花房次位別花蕾数や莢数に着目した研究が必要であると考えられる。

日本の水田転換畑における不耕起土壌の水分状態とダイズの生育について、播種直後に降水があった場合には、不耕起圃場では表面に凹凸が残っているため、表面水の滞水や排水不良からダイズの出芽苗立ちを低下させることや (濱田ら 2007)、逆に、乾燥時には、不耕起土壌は耕起土壌と比較して土壌水分が高く維持されるため、ダイズの生育に有利であること (吉永ら 2008) が明らかにされている。しかし、本研究のように、播種から開花期まで長期間にわ

たって降水が続いた場合において、不耕起ダイズの生育がどのような影響を受けるかということについては検討されていない。本研究によって、出芽・苗立ち後の降水量が少ない年には、開花期以降の不耕起ダイズの生育は耕起と比較して旺盛となるが、出芽・苗立ち後の降水量が多い年には、開花期以降の不耕起ダイズの生育は耕起と比較して抑制される可能性が示された。今後、このような不耕起ダイズの生育に及ぼす降水の影響をより一般化できれば、水田転換畑において耕起法を選択する際の指標の確立に役立つ可能性がある。そのためには、様々な土壌や気象条件において、播種から開花期までの降水量および土壌水分含量と不耕起ダイズの生育の関係について、さらなる研究を行う必要があると考えられる。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、京都大学大学院農学研究科附属高槻農場の技術スタッフの方々にご協力をいただいた。ここに記して深く感謝申し上げる。

引用文献

- 浅沼興一郎・奥村美智夫 1991. ダイズの乾物生産と子実生産に及ぼす播種期の影響. 日作紀 60: 484-489.
- 坂東悟・藤山英保 2010. 水田転換畑におけるダイズ不耕起無培土栽培の継続が土壌理化学性に及ぼす影響. 土肥誌 81: 472-480.
- Board, J.E. and H. Modali 2005. Dry matter accumulation predictors for optimal yield in soybean. Crop Sci. 45: 1790-1799.
- 藤井弘志 1985. 東北地方におけるダイズ多収への挑戦. 土肥誌 56: 153-155.
- 古畑昌巳・足立一日出・大野智史 2011. 圃場排水性の良否が北陸地域のダイズの乾物と子実生産に及ぼす影響. 日作紀 80: 65-72.
- 濱田千裕・釋一郎・中嶋泰則 2002. 愛知県における水稻とダイズの不耕起栽培技術の開発. 日作紀 71 (別 1): 312-317.
- 濱田千裕・釋一郎・澤田恭彦・小島元 2007. ダイズ不耕起播種栽培の出芽期における冠水害の発生要因. 日作紀 76: 212-218.
- 浜口秀生・国分牧衛・唐橋需・小林恭・下田英雄 1998. 不耕起播種, 狭畦, 無中耕, 無培土栽培におけるダイズの草勢・収量. 農研センター資料 37: 163-166.
- 濱口秀生・中山壮一・梅本雅 2004. 汎用型不耕起播種による大豆不耕起狭畦栽培マニュアル. 中央農研研究資料 5: 1-21.
- 平沢正 1995. 水環境が作物の生理・生態に及ぼす影響. 土壌の物理性 72: 39-46.
- 丸本卓哉・吉村靖生・野田健一・東俊雄 1992. ムギ収穫同時ダイズ点播機械を用いたダイズの不耕起栽培. 山口大農学報 40: 25-36.
- 長野間宏・児玉徹・金田吉弘・山谷正治 1991. 耕起方法が低湿粘土汎用水田の土壌物理性に及ぼす影響. 土壌の物理性 62: 43-52.
- 長野間宏 2004. 輪換水田の土壌管理とイネ・ムギ・ダイズ不耕起栽培技術の開発. 土肥誌 75: 561-564.
- 中山則和 2002. 農林水産研究文献解題 No.27 大豆 農林水産省農林水産技術会議事務局編. 農林統計協会, 東京. 194-198.
- 農林水産省大臣官房食料安全保障課 2011. 平成 21 年度食糧需給表 農林水産省大臣官房食料安全保障課編. 農林水産省, 東京. 25.
- 農林水産省大臣官房統計部 2010. 平成 21 年耕地及び作付面積統計 農林水産省大臣官房統計部編. 農林水産省, 東京. 56.
- 小柳敦史・南石晃明・土田志郎・長野間宏 1998. 汎用水田において耕起および不耕起栽培したコムギ, ダイズおよび水稻の根の垂直

- 分布の解析. 日作紀 67 : 49 – 55.
- Pedersen, P. and J.G. Lauer 2004. Soybean growth and development in various management systems and planting dates. *Agron. J.* 44 : 508 – 515.
- 齊藤邦行・磯部祥子・瀬口由美香・黒田俊郎 2001. ソース/シンクの切除がダイズの生育収量, 乾物生産に及ぼす影響. 日作紀 70 : 365 – 372.
- Sinclair, T.R. and T. Horie 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency. *Crop Sci.* 29 : 90 – 98.
- 杉本秀樹 1994. 水田転換畑におけるダイズの湿害に関する生理・生態学的研究. 愛媛大学農学部紀要 39 : 75 – 134.
- 高橋幹・中村卓司 2004. 根粒超着生ダイズの特性と実用化への試み. 土肥要旨集 50 : 219.
- 高橋将一・松永亮一・小松邦彦・中澤芳則・羽鹿牧太・酒井真次・異儀田和典 2004. ダイズ新品種「サチユタカ」の育成とその特性. 九州沖縄農研報告 45 : 15 – 39.
- Takahashi, Y., T. Chinushi and T. Ohyama 1993. Quantitative estimation of N_2 fixation activity and N absorption rate in field grown soybean plants by relative ureide method. 新大農研報 45 : 91 – 105.
- 谷俊男・小出直哉・林元樹・遠藤征馬・濱田千裕 2008. 浅耕鎮圧整地と組み合わせたダイズ不耕起播種栽培の安定性. 日作紀 (別 2) 77 : 82 – 83.
- 内川修・田中浩平・宮崎真行・松江勇次 2009. 北部九州における晩播狭畦栽培ダイズの生育収量および窒素固定能について. 日作紀 78 : 163 – 169.
- 吉永悟志・河野雄飛・白土宏之・長田健二・福田あかり 2008. 転換畑ダイズ作における有芯部分耕栽培が土壌水分および生育・収量に及ぼす影響. 日作紀 77 : 299 – 305.
- Yusuf, R.I., J.C. Siemens and D.G. Bullock 1999. Growth analysis of soybean under no – tillage and conventional tillage systems. *Agron. J.* 91 : 928 – 933.

The Effect of Precipitation on Growth of No-tillage Soybean in the Upland Field Converted from Paddy Field : Motoharu MURATA, Hiromi INOUE and Tatsuya INAMURA (*Graduate School of Agriculture, Kyoto University Sakyo-ku, Kyoto 606-8502, Japan*)

Abstract : In upland fields converted from paddy field, the dry matter production of soybean in no-tillage (NT) and in conventional tillage (CT) was compared during two years that differed in precipitation. In 2009, when the precipitation during soybean growth period from sowing to flowering stage was higher than in 2010, the length of main stem, the number of nodes on the main stem and the dry matter production after flowering stage in NT soybean were lower than those in CT. Particularly, crop growth rate (CGR) and net assimilation rate (NAR) during the growth period from flowering to pod setting stage in NT was significantly lower than those in CT. This may be because the leaf nitrogen content at the flowering stage in NT was lower than that in CT due to wet damage. In 2009, much precipitation kept the soil moisture content high until the flowering stage. Additionally, the soil moisture content in NT was higher than that in CT in the same growth period. In contrast, CGR and NAR in NT were significantly higher than those in CT in 2010. As a result, there was a significant interaction between tillage treatments and years in CGR and NAR. These results indicated that growth of NT soybean was lower than that of CT when the precipitation from sowing to flowering stage was high.

Key words : Dry matter production, Growth analysis, No tillage, Rainfall, Soil moisture content, Wet damage, Yearly variation, Yield.