

研究論文

沖縄における播種期の違いが 油糧用ヒマワリの成長および収量に与える影響

寶川 拓生・藪田 伸・富永 淳・渡邊 健太・荒木 秀雄¹⁾・川満 芳信
(琉球大学農学部, ¹⁾不二製油㈱)

Hiroo TAKARAGAWA, Shin YABUTA, Jun TOMINAGA, Kenta WATANABE,
Hideo ARAKI and Yoshinobu KAWAMITSU: Effects of sowing time on growth
and yield of sunflower as oil crop in Okinawa.

要約

沖縄県においてヒマワリは景観の良さから観光資源として、さらには、地力回復用の緑肥作物として注目されている。そのヒマワリ栽培を油糧生産と遊休農地の解消の一助になると考え、播種期の違いが収量に与える影響について比較検討した。春播き栽培では、高温・高日射のため短期間でも開花に要する十分な積算温度が得られたため、秋播き栽培に比べ発芽日から開花日までの日数が短かった。秋播き栽培では、花芽形成期から開花期までの CGR および LAI が高く、乾物収量、子実収量はそれぞれ 1,274, 246 kg 10 a⁻¹ と高かった。太陽エネルギー利用効率が全植物体および子実に関してそれぞれ 2.11, 0.64% といずれも春播き栽培に比べて 2 倍以上高くなった。これは開花期までの成長期間と低温・低日射でも高い葉面積を確保できたことが原因と考えられた。

以上より、沖縄においては、秋冬に降雪・降霜がなく、夏季の高温・高日射・台風を避けられるため、秋播き栽培が有用であると考えられた。

キーワード：ヒマワリ、油糧作物、播種期、光合成、太陽エネルギー利用効率

緒言

我が国の環太平洋戦略的経済連携協定 (TPP) 参加によって沖縄県の基幹作物であるサトウキビの関連産業が急激に衰退するものと予想される。沖縄県ではそれとともに増加する遊休農地の解消、サトウキビの代替作物の選出などの課題の早急な解決が必要となると考えられる。沖縄県において、ヒマワリは夏植えサトウキビの休閑地における緑肥作物の 1 つとして栽培されている (宮丸ら, 2008) が、その景観の良さから 2009 年以後毎年 1~2 月に北中城村で開催されるひまわり祭など観光資源としても注目されている作物である。全国的にも、ひまわり祭が多く開催されているが、祭開催後の種子の収穫は全体の 2 割ほどしか行われておらず、種子は他の部位同様土壤に鋤き込まれている (土浦地域バイオディーゼル燃料普及委員会, 2008)。しかし、世界的には、ヒマワリはパーム、ダイズ、ナタネに次ぐ油脂生産量第 4 位の油糧作物であり、種子から採れるヒマワリ油は食用の他 BDF (バイオディーゼル燃料) 原料

としても利用できるためエネルギー作物としても注目されている。また、ヒマワリは栽培期間が約3カ月と短く、菌根菌を着生するため後作トウモロコシのリン吸収および生育を促進する(唐澤ら, 2001)、ヒマワリを連作する場合を除いて後作の菌根菌共生作物の収量が増加する(有原・唐沢, 1998)など土壌改良効果も高い。そこで、著者らはヒマワリを油糧用として栽培することによって、日本の油脂自給およびエネルギー自給に貢献するとともに、上記の沖縄農業の課題解決の一助となるのではないかと考えた。油糧用ヒマワリに関して、主産地である北海道では雪解けが終わる5月に播種し、9月に収穫する春播き栽培が一般的であり、西南暖地では春播き栽培に加え、8月に播種し、11月に収穫する夏播き栽培も行われる。沖縄は亜熱帯気候に属し、年中温暖で降雪、降霜がなく、10月以降5月までの台風接近も少ないため、秋播きが可能であると考えられる。実際に家庭菜園や公園等でも冬春期にヒマワリを見かけることができる。しかし、沖縄において播種期の違いが油糧用ヒマワリの成長および収量に与える影響を詳細に調査した報告はない。

そこで、本研究では一般的な春播き栽培と秋播き栽培を行い、油糧用ヒマワリの成長および収量に与える播種期の影響を調査することによ

り、沖縄で可能とされる秋播き栽培の有用性について検討した。

材料および方法

ヒマワリ (*Helianthus annuus* L.) の油糧用品種であるハイブリッドサンフラワー (カネコ種苗) を供試材料として、琉球大学農学部亜熱帯フィールド科学研究センター内圃場 (島尻マージ) にて栽培実験を行った。なお、連作を避けるため播種期ごとに栽培圃場を変えた。成分比 N, P, K=50, 18.75, 18.75 kg ha⁻¹ の化成肥料を基肥として全量を条間施用した。春播き栽培は2012年5月14日、秋播き栽培は同年10月22日に、条間60 cm, 株間30 cm で2粒播きし、それぞれ本葉展開後の5月22日, 11月13日に間引きした。週に1回、草高, 生葉数, SPAD 値を測定した。開花期には生育調査個体を用いて開花率を調査し、開花率が50%を超えた日を開花日とした。花芽形成期 (T1), 開花期 (T2), 収穫期 (T3) (図1) の計3回、それぞれ春播き栽培では7個体ずつ、秋播き栽培では6個体ずつサンプリングを行い、部位別の乾物重および葉面積を測定した。また、栽培前および収穫時の土壌を各播種期5点採取し、その風乾土壌を用いて pH, EC を土壤環境分析法 (土壤環境分析法編集委員会, 1997) に従って測定した。



図1. ヒマワリの生育ステージ。

T1: 花芽形成期, T2: 開花期, T3: 収穫期

土壌中の無機元素含量については、ICPプラズマ発光分析装置 (ICPS-8100, 島津), 全炭素・全窒素含量については NC アナライザー (NC-90A, 島津) を用いて測定した。収穫した種子は風乾後, 稔実種子および不稔種子に分別し, 稔実種子を手動搾油機を用いて圧搾し, 油脂を得た。個葉の光合成速度は携帯型光合成測定装置 (LCpro-SD, ADC) を用いて着蕾期および開花期に測定した。まず, 葉位別に各播種期 3 個体ずつ上位10葉程度について光合成を測定した。その結果光合成速度が最大となった葉位を用いてさらに各播種期 6 個体ずつ光合成測定を行った。日射量は琉球大学農学部内圃場に設置した気象観測ロボット (グリーンキット) の測定値を用い, 他の気象データは気象庁 HP の気象統計情報那覇地点のデータを用いた。積算温度はヒマワリで一般的に使われる基準温度 6°C で算出した。栽培時期および圃場の違いを考慮し公平に乾物生産力を比較する指標として太陽エネルギー利用効率を用いた。収穫期の部位別乾物当たり熱量をカロリーメーター (CA-4AJ, 島津) で測定し, 日射量のデータを基に以下の

式を用いて全植物体の太陽エネルギー利用効率 (Eu), および種子の太陽エネルギー利用効率 (SEu) を算出した。

$$Eu (\%) = \{ \text{乾物重}(\text{g m}^{-2}) \times \text{乾物熱量}(\text{MJ g}^{-1}) / \text{積算日射量}(\text{MJ m}^{-2}) \} \times 100$$

$$SEu (\%) = \{ \text{種子重}(\text{g m}^{-2}) \times \text{種子熱量}(\text{MJ g}^{-1}) / \text{積算日射量}(\text{MJ m}^{-2}) \} \times 100$$

結果

5月播種では発芽日から収穫期 (T3) までの栽培日数は短い, 栽培期間中の平均気温および積算降水量, 積算日射量が10月播種に比べ高かった (表1)。積算温度は, 発芽日-T1, 発芽日-T2 および発芽日-T3 間で5月播種が10月播種に比べそれぞれ241, 381, 500°C高くなっていた。また, 5月播種栽培期間中には6月に3回, 7月に2回, 8月に4回と台風が計9回接近したが, 10月播種栽培期間中の台風の接近は確認されなかった。5月播種栽培土壌のpHは6.75であった一方, 10月播種では7.50であった (表2)。5月播種栽培土壌のECは

表1. 播種期別栽培における気象条件.

播種期	栽培日数			平均気温 (°C)			積算温度 (°C・日)			積算日射量 (MJ m ⁻²)	積算降水量 (mm)
	発芽日-T1	T1-T2	T2-T3	発芽日-T1	T1-T2	T2-T3	発芽日-T1	発芽日-T2	発芽日-T3		
5月	32	40	26	24.8	29.3	27.7	625	1551	2121.2	1477	954
10月	26	67	35	20.8	17.8	18.7	384	1170	1621.3	1103	417

注：発芽日, T1, T2, T3はそれぞれ5月播種で2012/5/17, 6/17, 7/28, 8/22, 10月播種で11/12, 12/8, 2013/2/13, 3/19. 積算温度の基準温度は6°C.

表2. 播種期別栽培圃場の土壌化学性.

播種期	pH	EC (mS m ⁻¹)	T-C		C/N比	Na	Mg	P	S	K	Ca
			T	N							
5月	6.75	3.8	3.5	0.08	46	2.3	0.6	0.6	0.5	2.3	0.9
10月	7.50	14.9	1.7	0.07	25	9.1	0.1	0.1	1.4	0.9	4.4

3.8 mS m⁻¹であった一方、10月播種では14.9 mS m⁻¹と高かった。栽培土壌の全窒素含有率は両播種期とも同程度であったが、C/N比は10月播種で25であったのに対し、5月播種で46と高かった。

開花日は、5月播種で発芽後63日目の7月19日、10月播種で発芽後90日目の2月10日であった。草高はいずれの播種期も開花日頃に最高値に達し、同等の値を示していたが、5月播種でおよそ1ヶ月早く最高値に達していた(図2)。生葉数およびSPAD値については播種期の違

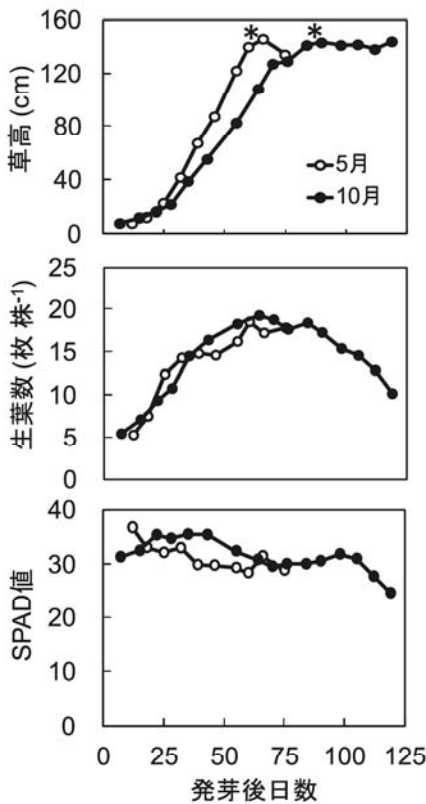


図2. 発芽後の草高, 生葉数, SPAD値の推移。
注: *は開花日を示す。5月播種で発芽後63日目(7/19), 10月播種で90日目(2/10)。

いによる大きな差が見られなかった。個葉の光合成速度はいずれの播種期も開花期に比べ着蕾期で高い値を示していたが、着蕾期および開花期のいずれも10月播種で高くなっていた(図3)。

全乾物重は5月播種で開花期(T2)以降収穫期(T3)まで増加を続けたが、10月播種では開花期(T2)と収穫期(T3)は同程度であった(図4)。また、部位別に見ると、5月播種では全部位の乾物重および葉面積が収穫期(T3)まで増加を続けているが、10月播種では開花期(T2)以降栄養器官である茎葉の乾物重

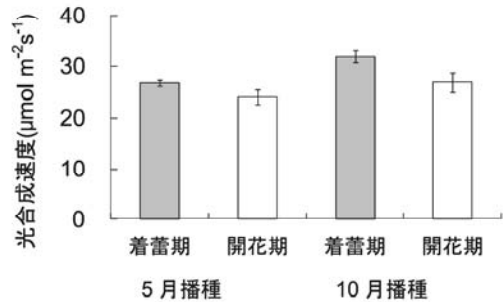


図3. 播種期別栽培における着蕾期および開花期の光合成速度。

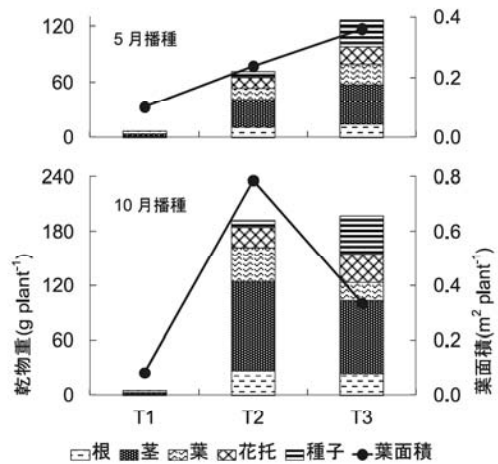


図4. 播種期別栽培における器官別乾物重および葉面積の推移。

注: T1, T2, T3はそれぞれ花芽形成期, 開花期, 収穫期を表す。

および葉面積は減少し、一方で生殖器官である花托および種子の乾物重が増加した。

CGRは5月播種で開花期(T2)以降も増加したが、10月播種では著しく低下した(表3)。また、10月播種では、5月播種に比べてT1-T2間でNARに差はなかったが、CGRおよびLAIは高かった。

10月播種では5月播種に比べて、花托径、子実数、百粒重が有意に高い値を示した(表4)。一方、稔実歩合についてみると10月播種は44%で5月播種の73%と比較して有意に低かった。乾物収量は10月播種で5月播種に比べて有意に高い値を示した。子実収量および油脂収量では10月播種で高い値を示したが有意差はなかった。

収穫指数については播種期の差は見られず、いずれの播種期もおよそ0.2程度であった。

10月播種で得られた熱量は、全植物体および種子でそれぞれ23.4、7.1 MJ m⁻²で5月播種に比べ、それぞれ約1.7、1.5倍となっていた(表5)。EuおよびSEuは、10月播種でそれぞれ2.11、0.64%といずれも5月播種に比べて2倍以上高い値を示した。

考察

5月播種ではT1-T2間でLAIが低いことで同期間のCGRが低くなり、乾物収量および子実収量も低くなった。また、5月播種では10月播種に比べて栽培期間の平均気温、積算日射量、

表3. 播種期の違いがヒマワリの成長関数に与える影響.

播種期	CGR (g m ⁻² day ⁻¹)		LAI (m ² m ⁻²)		NAR (g m ⁻² day ⁻¹)	
	T1-T2	T2-T3	T1-T2	T2-T3	T1-T2	T2-T3
5月	9.3	11.3	0.89	1.63	10.5	6.9
10月	16.6	4.0	1.75	3.02	9.5	1.3

注：T1, T2, T3はそれぞれ花芽形成期, 開花期, 収穫期を表す。

表4. 播種期の違いがヒマワリの収量構成要素に与える影響.

播種期	花托径 (cm)	子実数 (粒 plant ⁻¹)	稔実歩合 (%)	百粒重 (g)	収量			収穫指数	搾油率 (%)
					乾物収量 (kg 10a ⁻¹)	子実収量	油脂収量		
5月	14 a	1179 a	73 b	3.4 a	705 a	177 a	57 a	0.23 a	32
10月	18 b	1939 b	44 a	3.8 b	1274 b	246 a	74 a	0.19 a	30

注：異なるアルファベット間には5%水準で有意差あり (Tukey法)。

表5. 播種期の違いがヒマワリのEuおよびSEuに与える影響.

播種期	栽培日数 (日)	積算日射量 (MJ m ⁻²)	熱量		Eu (%)	SEu (%)
			全植物体 (MJ m ⁻²)	種子 (MJ m ⁻²)		
5月	97	1477	13.5	4.6	0.91	0.31
10月	127	1103	23.4	7.1	2.11	0.64

積算降水量が高かった。開花に要する積算温度としては、本実験と同品種を用いて異なる播種期を比較した松崎・安本 (2012) が茨城県における実験でいずれの播種期も約1100°C程度であったと報告しているが、本実験の5月播種では、発芽日-T2間の積算温度が1551°Cとおよそ450°C程高かった。平均気温が高ければ播種から開花までの期間および全生育期間が短く、逆に低ければ長い (萩原, 1987) との報告があり、栄養成長期の高温条件により、栄養成長期間が不十分なまま開花し、子実肥大が遅れたことが5月播種における収量低下の原因として考えられた。また、栽培前土壌のpHはいずれの播種期も最適pHとされる6.5~8.0 (パッサム, 2004) に収まっていたが、5月播種で10月播種に比べてECが低く、C/N比が高くなるなど播種期の違いが生じていた。

一方、10月播種では5月播種に比べ開花が遅く、開花までの日数が長いほど増収するとの報告 (萩原ら, 1987) と一致した。また、10月播種でT1-T2間のNARは5月播種と同程度であるにもかかわらずCGRが高くなった。これはLAIが高くなっていったためであり、同期間のCGRの増大にはLAIの影響が大きかったと考えられた。本実験結果から、ヒマワリは開花までに十分な栄養成長期間があり、低温、低日射でも高い葉面積を維持しその結果高いCGRを確保できたことが10月播種における収量増加の原因として考えられた。10月播種の開花に要した積算温度 (基準温度6°C) は1170°Cと松崎・安本 (2012) の報告とほぼ近い値を示した。しかし、松崎・安本 (2012) の報告では生理的成熟 (注: 花托後部が黄化し苞葉が茶色に枯れた状態で種子収穫に適する状態) に要する積算温度がおよそ1800°C程度であったのに対し、10月播種では収穫までに要した積算温度が1621°Cと

小さく、生理的成熟を待たず早取りしてしまった可能性が示唆された。10月播種では、稔実歩合が有意に低くなっていたが、これは結実期の気温低下が発育停止果を増加させる (長門ら, 1949) との報告から、本実験でも開花期から収穫期の低温が稔実歩合を低下させた要因と考えられた。また、10月播種では稔実歩合が低くなったものの、稔実種子数が少なくなり、その分稔実種子への転流がより多くなり、百粒重が有意に高くなったこと、全子実数が多かったことから5月播種に比べ子実収量が高くなったと考えられる。しかし、実験地、栽培時期が異なるものの10月播種における百粒重も松崎・安本 (2012) のデータと比べて約0.5g低く、この点からも早取りの可能性が示唆された。5月播種栽培期間中には6月に3回、7月に2回、8月に4回と台風が計9回接近したが、10月播種栽培期間中台風の接近は確認されなかった。沖縄地方の台風接近数の1981年から2011年までの平年値では、5月に0.4回、6月に0.6回、7月に1.4回、8月に2.2回、9月に1.7回、10月に0.9回、11月に0.3回、12月に0.1回、年間7.4回 (気象庁HP) であり、本実験では5月播種栽培期間の台風接近数は平年より多く、10月播種栽培期間では少なかった。西南暖地では、台風の襲来期が9月上~中旬であり、8月中旬以降の播種では幼植物期に当たるので倒伏被害を回避できる (森下, 2001) として夏播き栽培が行われているが、沖縄においては平年値からすると12月まで台風接近の可能性があり、その時期は幼植物期に当たるため10~11月に播種することで西南暖地における夏播き栽培のように台風被害を軽減できる可能性が高い。

乾物および子実について低収量であった5月播種においても、Euが0.91%と、木村・犬山 (1987) による北海道におけるデータと同程度

の値であったことから、3~4月播種などの早植えや晩生品種などの品種選択によって早期の開花を回避すれば、子実収量およびSEuを向上させることができると考えられる。平山ら(2009)は、春播き栽培における早期播種の利点として、草丈の抑制、雑草発生量の低減、梅雨前の中耕除草の実施可能性などを挙げているが、沖縄は雑草の生育が旺盛で繁茂が著しく防除の必要があり、また梅雨入りが5月上旬と早いことから、具体的には4月播種が有用であると考えられる。10月播種では5月播種に比べて増収したが、茎の折損や花托の腐敗など菌核病の症状が見られた。これは、生育期間が低温であったことに加え、C/N比が低く窒素過多が原因として考えられるため、10月播種については疎植や中耕による多湿条件の回避や、土壌診断に基づく窒素過剰を避けた施肥設計、薬剤散布による菌核病防除が有効であると考えられる。

以上より、ヒマワリは光合成の最適温度および光飽和値が比較的低いC₃型光合成植物であるため、沖縄においては秋播きすることで夏の高温、高日射および台風による暴風、塩害を避け、開花前までに高い葉面積を確保して収量が増加することが明らかになった。今後は、秋播き栽培と同じく台風接近の少ない冬播き栽培をはじめとした詳細な播種期の検討に加え、感光性が低く矮性で子実収量の大きい品種など沖縄の秋冬に合った品種の選抜が必要である。

Abstract

In Okinawa, sunflower (*Helianthus annuus* L.) attracts tourists while the farmers use it as a green manure. The oil-rich seeds could be additional benefit of the farmers. Therefore, we investigated effects of two sowing periods (Spring and Autumn) on growth and oil-yield of

sunflower in Okinawa. Temperature required for flowering accumulated faster in the Spring sowing than in the Autumn sowing. Plants in the Autumn sowing showed higher growth rate and LAI between floral differentiation and flowering. As a result, the Autumn sowing had higher dry matter yield and grain yield with the values of 1,274 kg 10 a⁻¹ and 246 kg 10 a⁻¹, respectively. Solar energy was used more efficiently to the total biomass and grain productions in the Autumn sowing. The longer vegetative periods in the Autumn sowing might allow producing larger leaf area to capture the radiation despite lower temperature and light intensity during the growth period. The results suggested that sowing time should be considered to avoid hot summer in Okinawa in terms of oil production.

Keywords : Sunflower, oil crop, sowing time, photosynthesis, efficiency of solar energy utilization

引用文献

- 有原丈二・唐沢俊彦 1998. VA菌根菌からみた前後作組み合わせ. 日作紀 67(別1): 266-7.
- 土壌環境分析法編集委員会 1997. 土壌環境分析法 博友社.
- 平山孝・松葉隆幸・引地力男 2009. 油糧用ヒマワリの栽培と収益性. 東北農業研究 62: 49-50.
- 唐澤敏彦・笠原賢明・建部雅子 2001. 緑肥作物の導入によるアーバスキュラー菌根菌の増殖とトウモロコシ栽培への利用. 土肥誌 72(3): 357-64.
- 木村正義・犬山茂 1987. ヒマワリの播種期別

- 日射エネルギー利用効率と一般組成分について. 日作紀 56(別2) : 157-8.
- 松崎守夫・安本知子 2012. ヒマワリの生育収量に及ぼす播種期の影響. 日作紀 81(別1) : 90-1.
- 宮丸直子・儀間靖・與那嶺介功・亀谷茂 2008. 沖縄における緑肥の生育特性および分解特性. 沖縄農業 42(1) : 21-7.
- 森下敏和 2001. 転作全書 第三巻雑穀. ヒマワリ. 農文協. pp. 928-31.
- 長門一雄・佐藤孝夫・菅原清康 1949. ひまわりの稔實に関する研究. 日作紀 19(3~4) : 283-6.
- N. El バッサム 2004. エネルギー作物の事典. 恒星社厚生閣 pp. 306-311.
- 萩原英雄 1987. 油脂用ヒマワリの栽培特性とその評価. 農業および園芸 62(9) : 1087-92.
- 萩原英雄・中谷誠・金子幸司 1987. ヒマワリ 2品種の温暖地における生育. 日作紀 56(別1) : 78-79.
- 土浦地域バイオディーゼル燃料普及協議会 2008. 全国ひまわり祭り・ひまわり祭り終了後の種子の利用に関する調査報告書.