

<<資 料>>

水田におけるゴマ栽培法の検討

丹野和幸*

An Attempt of Sesame Cultivation in Paddy Field

Kazuyuki TANNO

日本のゴマ自給率はわずか0.1%であり、消費の大部分を輸入に依存している。しかし、根強い国産農産物への志向から、国産のゴマは高価格でありながら品薄状態となっており、三重県ではゴマ栽培の振興に力を入れはじめている(伊藤 2016)。加えて、ゴマは近年機能性食品として世界でも注目され、海外産のゴマも価格が高騰している(勝田・大潟 2011)。

一方、ゴマの花はウンカの寄生蜂である *Anagrus* 属昆虫を誘引し、トビウカの防除効果が報告されている(Zhu *et al.* 2013, Lu *et al.* 2015)。そのため、水田輪作でゴマを継続的に栽培することで、稲麦二毛作地帯で問題となっているヒメトビウカの密度低下効果も期待できる。

そこで本試験では、2018年に、水田でのゴマ栽培について、水稻の収穫期と作業競合を起こさない作期を検討するとともに、水田でのゴマ栽培の問題点について考察を行った。また、ゴマの花のヒメトビウカ寄生蜂誘引能を評価した。また、2019年に、ゴマの播種深と出芽率の関係および栽植密度と各栽培形質の関係を調査した。

材料および方法

(2018年)

1 水稻と作業競合しないゴマ作期の検討

2018年、玉井試験場水田(灰色低地土・宝田統)

において、3時期(5/15, 22, 29)、15 m²/区でゴマ品種「まるひめ」を播種した。施肥は基肥として、N、P₂O₅、K₂O 各 8kg/10a、苦土石灰 550 kg/10a を施用した。幅 70 cm の平畝、黒マルチに 45 cm 間隔で播種深 3cm で千鳥まきし(3粒/穴)、間引きをして1本仕立てにした。マルチは収穫まで除去しなかった。病虫害防除は実施しなかった。また、水田土壌では出芽が安定しなかったため、1/5000a ワグネルポットに水田土壌を入れ、ゴマ品種「まるひめ」をポット当たり 30 粒それぞれ播種して出芽率調査を行った。覆土は 100mL の水田土壌またはピートモスで行い、5/29 と 6/14 播種で各区 2 ポット実施した。

開花始期や終期は達観調査とし、主茎蒴の半分以上が裂開した日を成熟期とした。成熟期に各区 10 株を抜き取り、収量及び生育調査を実施した。ゴマ種子は 60℃で 48 時間通風乾燥したものの重量を計測した。

2 ヒメトビウカ卵寄生蜂の寄生率調査

ゴマ圃場と隣接(6/28 移植 彩のきずな、距離 1m) および離れた(6/29 移植 彩のきずな、距離 100m) 水稻栽培圃場において、ゴマの開花期間におとり法(大竹 1967)を用いて寄生率を調査した。ヒメトビウカの卵を産み付けたイネ苗が入ったポットを、8/13~8/15(開花終期頃)の間、水田圃場に設置して寄生率を調査した。

本研究の一部は、第 108 回作物学会関東支部講演会(2019年 12 月)に発表した。

*水田高度利用担当

(2019年)

3 ゴマ播種深と出芽率の関係調査

2019年,玉井試験場水田(灰色低地土・宝田統)において,無施肥で6/13,7/17,9/13に播種深0~10cmの範囲で100粒/2mを条播し,播種1週間後に出芽率調査を行った。

4 栽植密度と栽培形質の関係調査

2019年,玉井試験場水田(灰色低地土・宝田統)において,基肥N,P₂O₅,K₂O各8kg/10a,苦土石灰を200kg/10a施用し,5月23日に条間60cm,栽植密度3水準(5株,10株,20株/m)でゴマ品種「まるひめ」を播種した。栽植密度は播種3~4週間後の間引きによって調整した。除草は中耕によって行い,害虫防除は開花始期にプレバソンプロアブル5(クロラントラニリプロール水和剤)を散布した。収量調査は各区1mの刈り取りを行い,実施した。その他の調査は1に準ずる。

結果

1 気象経過と生育状況

(1) 気象経過

気象図は図6として末尾に示した。

(2018年)

月平均気温は,栽培期間を通じて平年よりも高く,高温年であった。降水量は,5月を除いて平年並みか平年より少なかった。関東甲信では観測史上最も早い6月29日の梅雨明けとなった。8月には台風13号と20号が関東地方に接近した。日照時間は,生育期間を通して平年より多照であった。

(2019年)

月平均気温は,5,8月で平年よりも高く,7月は平年よりも低かった。降水量は,6月で平年よりも多かった。関東甲信では7月29日の梅雨明けとなった。日照時間は,7月を除いて平年より多かった。

(2) 出芽

水田土壌で覆土すると,土壌表面が固まり,発芽するものの出芽できない状況が見られた(図1A)。そこでポット栽培において水田土壌覆土とピートモス覆土で出芽率・出芽勢を比較したところ,水田土壌で覆土した場合に明らかに劣った(図1B~

D)。また,2019年には播種深別に出芽率を調査したが,回によるばらつきが大きく,一定の傾向は見られなかった(図2)。

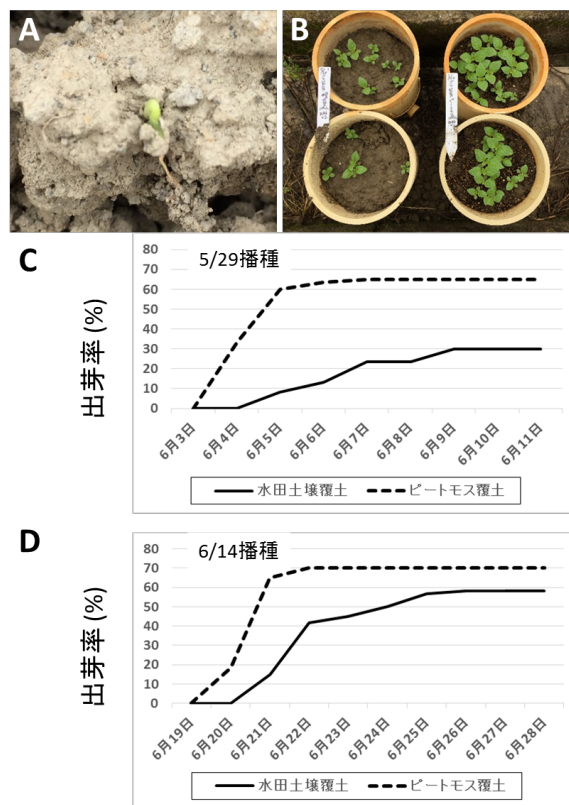


図1 水田土壌でのゴマ出芽率

- (A) 発芽したものの出芽できないゴマ幼植物
- (B) 5/29に播種し,6月20日に撮影したもの。
左:水田土壌覆土 右:ピートモス覆土
- (C) 5/29播種の出芽率
- (D) 6/14播種の出芽率

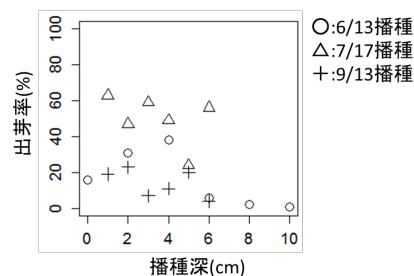


図2 播種深とゴマ出芽率の関係

(3) 湿害の発生

湿害と推定される症状を呈した株が1個体見られた。根の表面や内部が褐変しており,生育が劣っていた(図3A~C)。根に植物病原糸状菌や細菌の感染は認められなかった。

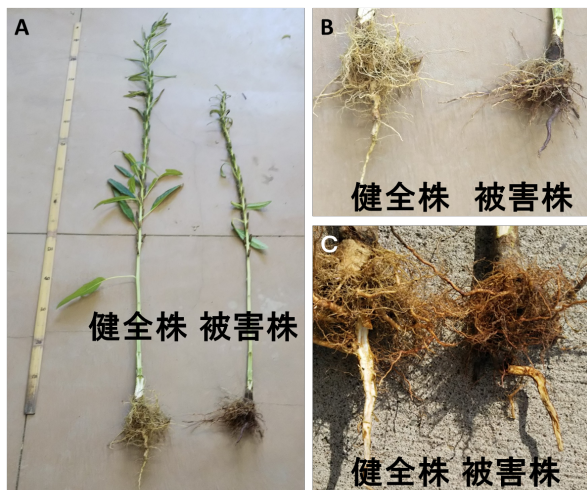


図3 ゴマの湿害様症状

(A) ゴマ植物体全体 (B) 根の外観 (C) 根の縦断面

(4) 根系と土壌硬度

水田土壌では,根の生育が耕盤に阻まれ,うわ根状の浅い根系となった。土壌硬度にして約1MPaで主根伸長は抑制され,1.5MPaでは主根伸長は困難になると考えられた(図4)。

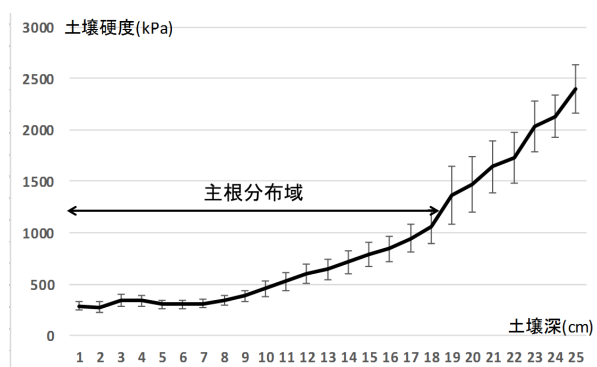


図4 土壌硬度と土壌深の関係

横軸が土壌深,縦軸が土壌硬度を示している。エラーバーは土壌硬度の標準誤差,両向き矢印はゴマ主根のおおよその分布範囲(主根長の95%信頼区間の上端まで)を示している。

2 寄生蜂の誘引能

今回のおとり法を用いた調査により,ヒメトビウンカに寄生する *Anagrus* sp.が,関東地方にも生息していることが判明した(図5A-C)。ゴマ近縁水田で若干寄生率が高くなる傾向は見られたものの,有意な差は得られなかった(図5D)。

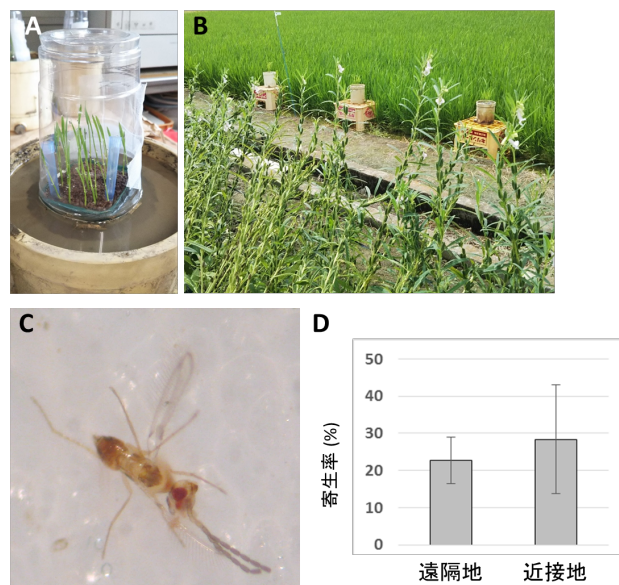


図5 ヒメトビウンカ寄生蜂の調査

(A-B) おとり法実施の様子

(C) 本研究で確認されたヒメトビウンカ寄生蜂 *Anagrus* sp.

(D) 寄生蜂寄生率(各圃場ポット3反復)

3 開花期および成熟期

開花始期は7月上旬,開花期間は40日間程度になった。成熟期は8月中下旬となった(表1)。積算気温からみると,播種から開花までが1000~1050°C,開花から成熟までが1200~1300°Cであった。

表1 開花期および成熟期

(2018年)		(2019年)					
播種日	開花始期	開花終期	成熟期	栽培密度	開花始期	開花終期	成熟期
5/15	7月2日	8月11日	8月14日	5株/m	7月6日	8月19日	8月20日
5/22	7月4日	8月17日	8月19日	10株/m	7月6日	8月19日	8月20日
5/29	7月11日	8月22日	8月24日	20株/m	7月6日	8月19日	8月20日

4 成熟期の形質と収量

播種日では,5/29 播種でやや草丈や最下蒴高が小さくなる傾向が見られたものの基本的な形質に

大きな差は見られず、いずれも約 200kg/10a の収量だった（表 2）。いっぽう、栽植密度では、密植になると分枝が明らかに減少し、最下莖高や分枝位置が高くなり、莖数が減少する傾向にあった。また、密植ほど収量構成要素から算出した収量と実収の差が大きかった（表 2）。

表 2 成熟期調査

(2018年)							
播種日	草丈 (cm)	最下莖高 (cm)	最下分枝 位置(cm)	主莖径 (cm)	主根長 (cm)	一次分 枝数	二次分 枝数
5/15	143 ab	42 a	6.6	2.8	18.3	7.7	5.5
5/22	152 a	40 a	5.4	2.7	18.0	7.2	6.2
5/29	139 b	34 b	6.3	2.5	18.0	9.1	6.9

播種日	主莖 莖数	分枝 莖数	総莖 数	千粒 重(g)	収量 (kg/10a)
5/15	57	370	427	1.88	198
5/22	63	401	464	1.97	200
5/29	43	405	448	1.87	207

(2019年)							
栽植密度	草丈 (cm)	最下莖高 (cm)	最下分枝 位置(cm)	主莖径 (cm)	主根長 (cm)	一次分 枝数	二次分 枝数
5株/m	184	39 a	5.8 a	1.8 a	15.2	5.2 a	2.3 a
10株/m	179	44 a	18.3 b	1.3 b	14.3	3.2 b	0.4 b
20株/m	182	56 b	26.4 c	1.3 b	15.3	3.1 b	0 b

栽植密度	主莖 莖数	分枝 莖数	総莖数	一莖内 粒数	千粒 重(g)	収量 (kg/10a)	算出収量 (kg/10a)	実収/ 算出
5株/m	65 a	148 a	213 a	62.5	1.97	196	218	0.90
10株/m	58 ab	73 b	131 b	62.4	1.87	199	255	0.78
20株/m	50 b	56 b	105 b	62.3	1.82	249	398	0.63

異なるアルファベットはtukey検定で95パーセント有意であることを示している。
一莖内粒数、千粒重、収量は各区2反復のため検定は行っていない。
分枝数、莖数は1株当たりの平均を示す。

考 察

1 水田におけるゴマの播種

ゴマは約 20℃以上で発芽し、発芽適温は品種にもよるがおよそ 25-40℃である（熊崎 2010）。本試験でも、気温の低い 5/15 播種時は出芽がばらつき、一部捕植を要した。

また、水田土壌の覆土では、土壌表面にクラストが形成され、出芽率が低下した。クラストは、多量の降雨で土表面の団粒構造が破壊されることで形成される（小原 2008）。そのため、梅雨時はクラスト形成による出芽不良のリスクが高い。

一方、ゴマは開花期が高温であるほど多収となり、短日条件で花成が促進され、開花節数は減少するという性質を持ち（熊崎 2010）、7 月以降の播種では低収となる（家田ら 1999）。また、9 月以降の収穫では、収穫期が水稻と重なり、台風による倒

伏リスクも高まる。

これらの要因から、出芽が良好かつ、開花期間が最も高温となる 5 月下旬～6 月上旬の播種が最適と考えられた。しかし、この作期は冬作なしの場合やオオムギ後作なら可能であるが、コムギでは不可能であるため、種々の問題点はあるものの、今後は 6 月下旬播種の検討も必要であると考えられた。また、播種深と出芽率の関係は不明瞭で、播種深制御による出芽率向上は困難であると考えられた。そのため、栽培性に問題が出ない最大の栽植密度を明らかにし、その密度を基準としてやや高密度に播種するという対策が考えられる。また、移植栽培とのコスト比較なども行う必要があると考えられる。

2 水田におけるゴマの根系

本試験では、ゴマの主根は土壌硬度 1～1.5MPa の耕盤層付近の地点で伸長が停止し、うわ根状の浅い根系となった。地下水位が高いことも原因の一つと考えられる。水田で栽培されたゴマは、根系の差により通常より湿害には強く、倒伏耐性が弱いなどの差があると推察される。

湿害様の症状を呈した株は 1 株のみであった。ゴマの耐湿性については、播種 15 日後から 1cm の湛水条件を保って栽培すると 77%程度減収し、播種 30 日後からでは 29%程度減収するという報告があり（Mensah *et al.* 2006）、生育後期よりも初期の湿害に弱いと考えられる。水田における根系分布はうわ根状であり、2 年間の栽培で後期の湿害はほとんど発生しなかったことから、水田でのゴマ栽培では初期湿害の回避技術が重要であると考えられた。

耐倒伏性については根系が浅くなり、畑作と比較すると劣ると考えられる。しかし、早生品種を 5 月末頃に播種することで、8 月中の収穫が可能であるため（表 1）、生育期間と台風のパークをずらすことができる。中耕培土による対策も検討する必要がある。

3 ゴマのヒメトビウンカ寄生蜂の誘引能

ゴマ栽培地周辺と遠隔地の水田において寄生率に有意な差は認められなかったものの、ヒメトビウンカに寄生する *Anagrus* 属昆虫は関東地方で

は初確認であると考えられる。寄生率の調査時期が終花期と近く、ゴマの花の寄生蜂誘引能が発揮されなかった可能性があるため、今後開花盛期に調査を行う必要があると考えられた。

4 埼玉県内水田におけるゴマの生育と収量

2018年試験では、5月中のいずれの播種時期においても生育や収量は、概ね変わらず、いずれの播種期も8月中に収穫が可能であった。

約200kg/10aと多収であったが、これは2018年が高温暖年であったことと、マルチ栽培によって地温が上昇したこと(熊崎 2010)によって増収したためと考えられる。ゴマは、開花期が高温暖であるほど増収するため、夏季が高温暖となる埼玉県北部の気候と相性が良いと考えられる。

栽植密度に関しては、2018年試験では約4500株/10aとしたが、機械収穫の観点から見ると最下蒴高や分枝位が低いなどの問題点が見受けられた。ゴマは20000~50000株/10a程度の密植条件のほうが多収となり、最下蒴高は上昇するという報告があり(Delgado and Yermanos 1973, Caliskan *et al.* 2004, Roy *et al.* 2009)、気象や土壌環境が異なる本試験でも同様の傾向が見られている。播種時の湿害やクラスト等による出芽不良のリスクも考えると、倒伏や減収しない範囲での密播を行うことが適切であると考えられ、適切な播種量について検討が必要である。一方、密植になるほど主茎蒴が収量の多くを占めるようになるため、主茎蒴の半数の裂開で成熟期を定義すると、収穫ロスが増加することが懸念される。本試験においても栽植密度が高まるにしたがい、実収と算出収量の差が大きくなっており、品質と収量から見た収穫時期の検討が必要と考えられた。

5 今後の課題

本研究では、水田におけるゴマ栽培の可能性と問題点についてある程度把握することができた。田畑輪換を行うことで、土壌病害や雑草の対策にもなるため、登録農薬が少なく、除草剤に至っては現状皆無であるゴマの栽培には有用な技術であると考えられる。

本研究では施肥量は一律に窒素8kg/10aとした。適正量については、様々な報告があるが、おおよ

そ窒素で5~8kg/10aの範囲で最も多収となることが多く(Haruna 2011, Malik *et al.* 2003, Basavaraj *et al.* 2000)、今後この範囲で検討を行う必要がある。また、カリウムは施肥効果がないという報告もあり(Shehu *et al.* 2010)、カリウムを低減することでコストや環境負荷の削減ができる可能性もある。

また、近年三重県を中心としてゴマ収穫調製の機械化が取り組まれている(伊藤 2018)。今後ゴマは土地利用型作物になっていくと考えられ、機械化体系に合わせた省力的な栽培技術が求められる。追肥や中耕培土、畝立てなどの有無もゴマの収量や品質だけでなく機械収穫における作業性を考慮して検討すべきであろう。

また、ゴマは株の下方と上方で蒴果の成熟時期が異なり、成熟した蒴果ははじけてしまうため、収穫のロスが問題となる(Georgiev *et al.* 2009)。今後は、海外で導入されているような難裂蒴性品種の育種も求められる。

丹野：水田におけるゴマ栽培法の検討

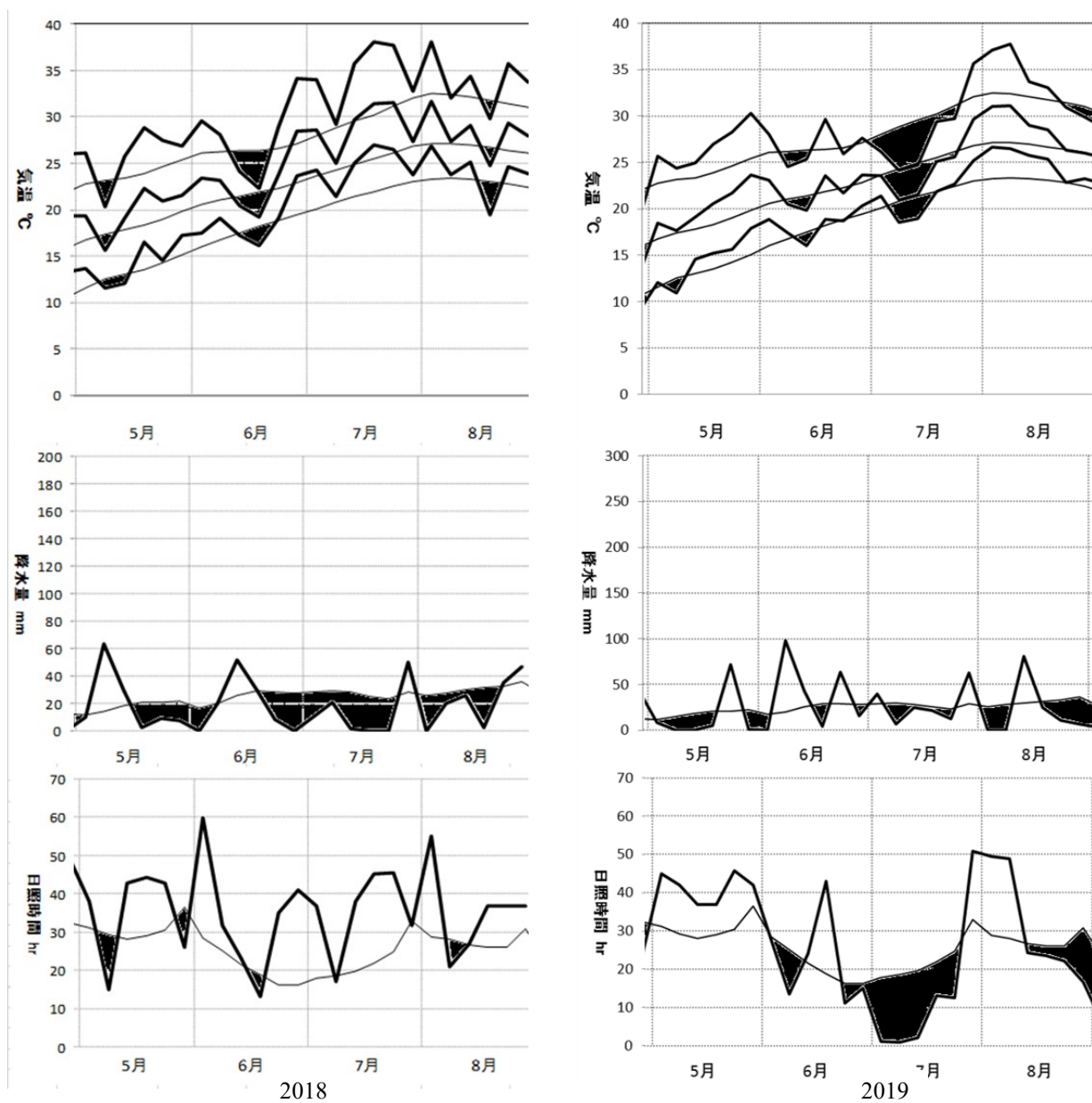


図6 気象図 熊谷地方気象台値. 平年値を下回った部分を黒塗りで示した. 気温は上から最高, 平均, 最低.

引用文献

- Basavaraj, B, Shetty, R.A and Hunshal, C (2000):Response of sesame varieties to fertilizer and population levels in paddy lands of Tungabhadra Project area during summer. *Karnataka J. Agric. Sci.* 13, 138-140.
- Caliskan, S *et al.* (2004):Effect of planting method and plant population on growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) in a mediterranean type of environment. *Asian J. Plant Sci.* 3, 610-613.
- Delgado, M and Yermanos, D.M. (1973):Yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different population densities. *Econ. Bot.* 29, 69-78.
- Georgiev, St., Stamatov, St and Deshev, M. (2009):Requirements to sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars breeding for mechanized harvesting. *Bulg. J. Agric. Sci.* 15, 26-30.
- Haruna, I.M. (2011):Growth and yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) as influenced by nitrogen and intra row spacing in Lafia, Nasarawa state of Nigeria. *Elixir Agric.* 41, 5685-5688.
- 家田 利夫・野村弘司・田代亨. (1999):ゴマの収量と品質に及ぼす生育環境の影響 第1報播種時期との関係. 日作東海支部報. 127, 5-6.
- Ijlal, Z *et al.* (2011):Effects of weed crop competition period on weeds and yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Pak. J. Weed Sci. Res.* 17, 51-63.
- 伊藤 公昭. (2016):ごまの産地化による地方創生の一考察 -三重銀行グループの取り組み事例より-. 日本情報ディレクトリ学会 第20回全国大会要旨集. 15-18.
- 伊藤 公昭. (2018):ごまの産地化による地方創生への取り組み-その2-. *Mie Topics* 91, 16-19.
- 勝田真澄・大瀧直樹. (2011):農業技術体系 作物編 7 ゴマ 基礎編 1-23. 農山漁村文化協会. 東京.
- 熊崎 忠. (2010):ゴマ (*Sesamum indicum* L.) の生育, 収量の成立およびリグナンの蓄積に関する研究. 名城大学農学部学術報告. 46, 33-44.
- Lu, Z *et al.* (2015):Rice pest management by ecological engineering: a pioneering attempt in China. *In Rice Planthoppers.* (Heong K.L *et al.*, eds.) 163-180, Springer Publishing, New York.
- Malik, M.A *et al.* (2003):Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum* L.) under varying planting patterns. *Int. J. Agric. Biol.* 5, 490-492.
- Mensah, J.K *et al.* (2006):Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 5, 1249-1253.
- 小原 洋. (2008):転換畑大豆作の土壌物理的問題 (クラスト等について) 第225回日本作物学学会講演会要旨. 342.
- 大竹 昭郎. (1967):ヒメトビウンカの卵寄生バチについての研究. 四國農業試験場報告. 91-103.
- Roy, N *et al.* (2009):Yield performance of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties at varying levels of row spacing. *Res. J. Agric. Biologic. Sci.* 5, 823-827
- Shehu, H.E., Kwari, J.D and Sandabe, M.K. (2010):Effects of N, P and K fertilizers on yield, content and uptake of N, P and K by sesame (*Sesamum indicum*). *Int. J. Agric. Biol.* 12, 845-850.
- Zhu, P *et al.* (2013):Laboratory screening supports the selection of sesame (*Sesamum indicum*) to enhance *Anagrus* spp. parasitoids (Hymenoptera: *Mymaridae*) of rice planthoppers. *Biol. Contr.* 64, 83-89.