斑点性疾病が作物の収量に及ぼす影響について

3. ソラマメにおける一場面

木 場 三 朗*

Saburo Koba*: Studies on the effects spotted diseases upon the yields of crops 3.
Yield of the broad bean affected by spots made artificially by $KClO_3$.

Abstract

From a pathophysiological point of view, following characters possessed by the broad bean (*Vicia faba* L.) appeared to show interrelationship with the effects of spotting of the leaves: a. the numbers of leaves and blossoms of a plant vary individually within its life period, but its period of blooming is limited between middle of April and early May; b. the plant must overwinter during its early stages of growth to produce fruit; and c. in early spring, numerous branches grow from the base of the stem. These branches and stem are capable of bearing fruits. Differentiation of the first flower bud occurs at this time.

Experiments were performed to produce artificial spots on the leaves of the broad bean plant by applying aqueous solution of $KClO_3$ at its various growth stages. Results obtained were as follows:

1. When the seedling of a broad bean plant was spotted at the time when the nutrients were being supplied from the endosperm, the yield of seed was greater than half of that of the untreated plant. When the nutrients from the endosperm became limited, the yield of seed was further reduced. When the nutrients of the endosperm were depleted and its carbohydrate assimilation was very faint, the yield of seed was markedly reduced.
2. When the broad bean plant was spotted immediately before overwintering, its growth was disturbed considerably, and resulted in no yield of seed.
3. When the bean plant was spotted during the winter, the damage was slight, and the yield was 80-105% of the unspotted control.
4. When the bean plant was spotted early in spring at the time of differentiation of the first flower bud, about 50% yield was obtained.
5. When the bean plant was spotted during April and May at the time of flowering, there was no yield of seed.

(Received March 29, 1966)

緒 言

作物の葉に斑点性疾病が起れば、呼吸亢進、蒸散増大、および炭素同化阻害を生ずることについては、す

でに報告^{5,6)}したとおりである。これらの生理異状は、短期間内に急性で高度のものと、長期にわたって慢性で低いものがある^{4,5)}。

ソラマメのように、種子の生産を栽培の目的とする作物では、急性症は落蕾、落花、落幼果、落葉、受精阻害、花芽形成阻害などの原因となり^{1,2,3,9)}、発病期

* 九州大学農学部 Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka, Japan

の如何によっては、被害は種子数の減少として現われる。慢性症は花器、種子、莢、茎葉や根などの發育を阻害して、種子の充実を害し、被害は種子の重量減と品質低下として現われる。しかし、発病のために適当な剪定や摘果その他の生産手段が代行されるならば、収量はかえって増加する場合もある²⁾。

病斑形成と収量の関係の諸問題の研究にあたって、作物の側の性質の考慮が極めて必要であるが、これは忘れられ勝ちである。ソラマメの場合取りあげるべき問題点は、次のとおりである。(1)栽培の目的は種子の生産である。(2)種子は大形で胚乳から苗への養分補給期間が長い。(3)中苗の時期には越冬する。(4)茎の地際から分枝し、各枝は母本と同大となり、種子生産上同様な機能を持っている。(5)無限花序(単総状花序)であって、永続的に開花するが、有効開花期間は限られている。

以上のような観点から、斑点性病害が、ソラマメの収量に及ぼす影響について考慮されてはいないと思われるので、この実験を試みた。

実験材料および実験方法

この実験は、昭和34年より3か年間経続して行なった。供試作物はソラマメで、品種は在来種であるが島田に近く、標準草丈は97cm内外、分枝数は3~4本、開花期は4月中旬、1莢中の種子数は2~5粒、中粒種で、10a当り700kg内外の収量がある。

実験圃場は砂質壤土で乾燥しやすく、施肥その他の栽培は永井⁹⁾に従い、調査の都合上、畦巾を60cm、株間を30cmとし、1か所に2本植とした。病斑は塩素酸カリによる人工斑とし¹⁾、被害度を15~25%とするように努めた²⁾。生育調査は常法に従ったが、草丈は分枝茎中の最高のものを取り、莢数は無種子のものを含み、枝数は無効分枝を含んでいる。花芽や花器の調査は解剖顕微鏡を用いて行ない、各区20本の2区制とし、10本を生育と収量の調査に、他の10本を花芽や花器の形成、種子の形成、分枝や根張りの調査に用いた。

実験結果

3か年を通じて100%の発芽歩合で所定の苗が得られた。生育は全体としてやや悪かった。実験の性質上薬剤散布を行わなかったため、36年度には局部的にさび病が発生して調査を乱したので、記載を省略する。しかし他の2年と大

体類似の結果を示した。

昭和34、35、36年の無病対照区の生育状況は、それぞれ次のとおりである。すなわち、播種日は10月12日、10月19日、10月15日、発芽日は10月29日、11月5日、11月3日である。草丈は85.5cm、62.4cm、89.3cmで、分枝数は6.8本、6.2本、5.5本である。開花期は4月10日、4月12日、4月15日で、成熟期は6月18日、6月22日、6月15日である。

昭和35年の実験で得た健病ソラマメの生育状況は、第1図に示すとおりであるが、これは6月12日採集のものである。34年と36年の成育状況も、大同小異であ

第1図 健、病蚕豆の生育状況(昭35)

図中の記号は発病月日を示す、A:12月1日、B:12月10日、C:12月20日、D:2月25日、E:3月10日、F:4月15日、G:5月6日、H:健全

第1表 発病時期と収量との関係

昭和 34 年			昭和 35 年				
発 月	病 日	1 本当収量 個 (g)	発 月	病 日	1 本当収量 個 (g)		
					完 全 粒	不 完 全 粒	計
—	—	—	11. 20	16(9.3)	8(6.8)	24(15.8)	
12. 4	—	15(12)	12. 1	12(8.5)	1.3(0.5)	13.3(9)	
12. 15	—	5(5.1)	12. 10	5(5)	0.5(0.1)	5.5(5.1)	
12. 20	—	3(1.2)	12. 15	2(1.1)	0.5(0.2)	2.5(1.3)	
12. 25	—	2.2(2.1)	12. 20	0.5(0.2)	0	0.5(0.2)	
1. 30	—	21(18)	1. 29	0	30.5(21)	30.5(21)	
2. 23	—	35(32)	2. 25	12.5(9)	0.5(0.1)	13(9.1)	
3. 15	—	13.6(11)	3. 10	12.5(10)	0.5(0.1)	13(10.1)	
4. 20	—	13.8(5.2)	4. 15	4.(3.2)	0	4(3.2)	
5. 18	—	6.5(3.5)	5. 6	3.(2.5)	0	3(2.5)	
無 病	—	33(29)	無 病	26(23)	7.5(1.9)	33.5(24.9)

第2図 発病時期を異にしたソラマメの生育と収量 (昭34)

第3図 発病時期を異にしたソラマメの生育と収量 (昭35)

った。34年と35年の実験結果を第2図と第3図に示し、なお収量に関する詳細を第1表に示す。

これらの結果を整理してみると、つぎのようにまとめることができる。なお表や図に現わされている事項は、ここではできるだけ記述を省略する。

(1) 昭和35年11月20日の発病区では、展開した葉の数(以下葉数という、1枚の葉は初期には2枚、のちには4枚からなる複葉である)は1枚で、被害度(葉面積に対する病斑部面積の割合)は大体15%、発病直後の生育の中断は約10日間生育再開後の伸長はやや悪いが、開花期は2日遅く、成熟期は3日早い。収量は対照区の2/3より僅かに少なく、発病時の子葉は多量の澱粉が残留する。

(2) 昭和34年12月4日、35年12月1日の発病区では、葉数は2~3枚、被害度は15~20%、生育の中断は14~18日、その後の生育は前区よりも良好であるが、春の生育再開が遅れ、収量は対照区の約2/5である。この時期の苗の葉には微弱な同化澱粉形成が始まっていて、其の葉緑粒中の形態は微細で、正常なものとは大差がある。苗の子葉内の澱粉はなお小量残っていて、苗はまだ養分の補給を受けつつある。苗の乾燥重は最低に達する以前にある。

(3) 昭和34年12月15日と、同35年12月10日に発病したものは、発病時の葉数が3~4枚、被害度は15~20%、発育の遅延は、20日以内開花期はそれぞれ2日おそく、またわ2日早い。成熟期は4日および14日早い。収量は対照区の約1/5前後であり、苗の乾重は最低またはほとんど最低に近い。

(4) 昭和34年12月20日および25日、同35和12月15日および20日に発病したものは、葉数はすでに4~5枚であり、被害度は始め15~20%であったが、のち寒害を受けて30~50%を示し、生育の遅れは35日内外、成育再開後の伸長も極めて悪く、分枝がほとんど無く、収量は皆無に近い。開花期も成熟期も早い。発病時の健全苗では、第1および第2葉はすでに完全な同化作用を始め、胚乳からの養分の補給は受けていない。温度の低下のために苗の伸長は遅く、もっぱら越冬の準備期で、葉の肥厚、茎の肥大、分枝芽の形成、根の伸長が行なわれている。

(5) 昭和34年2月23日、同35年1月29日の発病区では、低温のために被害度は低くて10%内外であり苗の生育は健全なものも中止しているために、生育の遅延は不明瞭であるが、開花期は僅かに遅れ、成熟期はやや早められた。収量は健全なものとは大差がなかった。昭和34年1月30日発病区は、被害度は10%内外であるが、その後多少寒害を受けて葉焼を生じた。春の生育の再開が遅れ、収量は対照区の1/2より少し多かった。この区は(4)と(5)の間である。

(6) 昭和34年3月15日、同35年3月10日の発病区では、被害度は15~25%、発育の中止は5日内外、その後の発育は良好であったが、開花期も成熟期も数日遅れ、莢は貧弱で早期落葉の傾向がある。また成熟前枯死がある。この時期の健全苗では、初期着生の蕾の形が明瞭であるが病苗に落蕾はない。

(7) 昭和34年4月20日および5月18日、同35年4月15日および5月6日の発病区では、被害程度は20~25%、成熟期枯死は34年は7日および11日、35年には6日および10日、いずれも早められた。莢の着生や発育が、全体を通じて悪く、花芽形成阻害、落蕾、落幼果、種子不稔などが並行して起り、成熟が近づくにつれ早期落葉も起り、収量は34年は極めて少なく、35年は皆無に近かった。

(8) 無病の対照区の成育は兩年ともやや不良であり、枝数は多いが無効分枝があり、収量もやや少なかった。

考 察

この実験では、塩素酸カリによる人工病斑を用いたことにまず問題がある。この人工病斑についてはすでに報告したとおり^{4,5,6,7)}、作物の種類で異なるが、葉に灰白色~褐色の中型の病斑を作り、日照不足や過湿の状態では、重輪紋をつくって拡大を再開する。病斑の色は、作物の種類や気象条件でさまじり、病斑の大きさや周縁の色は、薬剤の濃度、葉の老幼、気象条件特に気温、湿気、日照の過不足などで異なり、その変化の状況は、寄生菌で起る病斑に良く似ている。

例えばソラマメでは、晴天では淡褐色の小斑となつて、時に周囲が僅かに小豆色を帯び、降雨が続く場合には、帯緑褐色またわ暗褐色の中型斑となる。これは *Botrytis cinerea* または *B. fabae* の寄生で起る赤色斑点病の症状に似ている。

塩素酸カリを有傷塗布した場合に起る炭素同化作用、呼吸作用、蒸散作用などの生理現象の変動^{4,5)}や、病斑の周囲に起る同化澱粉の分布異常や^{4,5)}放射性同位原素の病斑部周辺に示す集積の異常などを検すれば、ちょうど病斑部から少量の菌毒素が出されている寄生性の疾病の場合と良く一致する。

従がって、この種の実験に塩素酸カリを用いた人工病斑を利用したことについては、充分な妥当性があるといえる。ことにこの人工病斑は、所要の時に所要の被害度の病斑を、容易にまた確実に作れるばかりでなく、病斑の自然増加や、近接した実験作物への傳染もないので、実験を極めて能率の高いものとすることができる。

この人工病斑の方法で得られた実験結果の一部または大部分を、類似した他の作物に当てはめて考察してみる価値もあると思われる^{8,9)}。しかし、将来は合成された病菌の Vivotoxin による病斑を作って実験するのが望ましいことはいうまでもない。

すでに報告したとおり、斑点性疾病的被害は、病斑が一時に多数形成された時に問題が大きい^{6,8)}。この場合には中高の曲線を書いて、短期間(5日~14日)ではあるが強い生理失調が、葉の全面に起り、主として繁殖器管の形成、機能、成育に悪影響がある。多量の毒素が病患部から出る場合には、見かけの被害は軽くても、葉の全面にある期間、炭素同化作用の失調が現われる^{3,4,5)}。この全面にわたる生理失調は、次第に病斑部周縁に局限され^{6,7)}、斑点病による損失は、病斑部とその周縁の面積の合計だけに欠かされている同化作用の減損だけとなる。ただ病斑周縁のこの同化澱粉欠

除帯では、病原体に対する作物の抵抗のエネルギーの浪費が行なわれていて、これらは長期にわたって、弱い慢性的悪影響を、作物の生育や、果実や種子の充実に與える⁷⁾。

以上のような病態生理学的な諸現象を、ソラマメの異なる生育時期に起させてみたこの実験の結果と照合して、これに考察を加えてみることにする。

1. 苗の時代の発病

ソラマメの苗の生理を、病態生理学的立場から考えると、二つの重要な時期がある。その一つは、胚乳からの養分補給が終わる時期であり、他の一つは越冬に入る直前の時期である。まれに行なわれる移植栽培の場合は、その時期が第3の問題点を提供することになる。

ソラマメの種子を播いて、毎日その重量を計ると、生体重ではS字曲線を作って増大するが、乾重は始め次第にその量を減じ、ついに最低に達する。そのうち、始めは極めて緩に、乾重の増加がはじまる。この時期は、苗の成長のエネルギー源が、胚乳の養分から苗自身が作る同化生産物に切り代えが行なわれる一つの重要な転換期である。

乾重が最低を示した時期、すなわち、第2またわ第3葉の展開が終わった時期（34年12月15日、35年12月10日）に病斑を作ったものは、わずかに体内に残った炭水化物のほとんど全部が、病斑に対抗するためのエネルギーとして消費しつくされ、しかも苗自体の同化作用は未開始であり、生理異常は全身病的となり、快復が容易でない。減収がはなはだしいのは、快復のエネルギー欠除にあると思われる。

乾重が最低を示す以前、すなわち、苗の第2葉展開前（34年12月4日、35年11月20日～12月1日）に発病したものは、病斑に対抗するためのエネルギーは胚乳の栄養分の転流で充分支出される。従って症状は局所的であり、その後の生育に急性症の強力な影響を與えることはない。しかし、苗の葉面積の絶対量が少ないために、病斑のために失われる同化作用面積の比重が大となり、苗の生育はおくれる。これが、やや減収を起す原因となったものと思われる。

乾重が最低を示す時期を過ぎて、わずかに増量が始める時期は葉が3～4枚の頃である。この時期（34年12月20日、35年12月15日）には、子葉の澱粉はほとんど消失し、苗の本葉の同化澱粉の量は比較的小量でその形態はなお始原的である。葉数の増加とともに病斑総数は増大し症状は全身的となり、春の生育遅延が大となる。

12月下旬になると、胚乳の養分は完全に使い果されている。同化作用は下葉ではすでに完成され、もし気温が高ければ、苗は最大生長期の初めにある。しかし低温とともに健全苗自身、その草丈の伸長が一時的停止し、根の発育と分枝芽の形成と貯蔵に、その低下した同化作用生成物が消費される。この時期（34年12月25日、35年12月20日）に発病したものは、葉数が4～5枚となっているため、1個体当りの病斑総数が多く、急性症の影響が全身的で永続する。同化物質の空費と同化作用の阻害は、糖分の不足と根の成育阻害を起し、寒さに抵抗する力を失っている。この区の収量が皆無に近かったのは、越冬障害と春の再生阻害と、分枝の不能によったものと思われる。

2. 春の成長再開期の発病

ソラマメが越冬期を脱し始める頃から、第1花芽の形成を始めるまでの時期（34年2月23日、35年1月29日）は、苗の体内には充分の栄養が貯わえられていて、分枝の芽と初期の花芽が形成されつつある。病斑を作っても低温のために拡大する度合が少なく、生理障害も軽い。病斑形成のための被害は、病斑面積とその周囲の無同化澱粉帯との合計の面積だけの損害だけとなり、全身症を起して貯蔵エネルギーを空費することもない。従って春の再生も速やかである。収量減がほとんどなかったのは、被害が軽微であっただけでなく、この被害の刺激のために生産力が増大したと見るべき筋がある。この種の刺激は、植物体内に充分な栄養を貯えている状態に、軽微な斑点病を生じた場合に起こることがあるようである。

3. 花芽形成と花器発育期の発病

3月になると生育は急に盛んになり、分枝が伸び始める。この時期（34年3月15日、35年3月10日）に発病したものは、温度の上昇とともに被害度が高くなり、1本当りの病斑数が多いために、病斑形成による急性症のほかに、病斑形成後24時間以内に起ってくる衝撃的な生理攪乱もあって、全身症状が永く続き、生産性のもっとも高い初期の花芽形成や花粉母細胞や卵細胞の異常分化も含めた花器生育の阻害を生ずる。この時期の発病が著しい減収を生じたのは、初期着生の莢や種子の形成の阻害と、その充実の不充分さにあると思われる。

4. 開花時期の発病

この時期（34年4月20日および5月18日、35年4月15日および5月6日）は開花始めから開花終了までのソラマメの最盛期である。葉数も多く、温度の上昇も関連して被害度も大であり、生理異常は全身症の形を

とる。したがって、花芽や花器の形成阻害、生殖作用の阻害などが種々の過程に行なわれ、落蕾、落果、落花、早期落葉、種実發育不良などのどれかの場面に相遇し、種子生産の機能が、あらゆる場面で害される。収量が皆無に近いのは、まことに当然のことである。

摘 要

1. 種子生産と斑点性疾病的発病との関係という観点からみると、ソラマメは次の重要な生育時期を経過する。すなわち、胚乳からの養分補給が終わる頃と、越冬に入る時期と、花芽形成、花器發育、開花、結実などが並行、連続して起る生殖時期である。実験操作上の病斑は塩素酸カリによる人工斑とし次のような結果を得た。

2. 苗の乾重が最低を示す時期以前に斑点性疾病的が起っても、その後の発病がなければ減収は少ない。

3. 苗の乾重が最低に達し、その後乾重増加が極めて微量な期間に発病すれば、あとの発病を防止しても、減収がはなはだしいから、栽培中止も一応は考慮すべきである。またこの時期の発病防止に一段と力を致すべきである。

4. 苗が越冬の直前に発病すれば、あとの管理が充

分でも収量は皆無に近いから、栽培は放棄すべきである。この時期の異常高温はことに警戒を要する。

5. 早春に発病したものは、見かけの被害は大きい収量に及ぼす影響はほとんどないから、むしろその後の発病防止に経費と労力をかけた方がよい。

6. 開花期以後に発病したものは、収量が激減するから、早期発見に努め、予め充分の予防対策を行なうべきである。

引 用 文 献

1. 木場三朗 (1942) 朝鮮総督府農試彙報 14 : 58
2. ——— (1950) 農業及園芸 25 : 245
3. ——— (1953) 植物病理学会報 13 : 1
4. ——— (1953) 九大農学芸誌 14 : 35
5. ——— (1954) 九大農学芸誌 14 : 499
6. ——— (1955) 校内・富士両教授還歴記念
論文集 28
7. ——— (1955) 九大農学芸誌 15 : 275
8. ——— (1964) 九大農学芸誌 21 : 285
9. 永井威三郎 (1952) 作物栽培各論
第2巻 東京 pp. 202-206