

### 第3章 半矮性準同質遺伝子系統の形質発現と物質生産

作物の物質生産は、光合成などの物質生産を支えるソースとそれによって作られた産物を貯蔵するシンクとの間の相互関係の面から把握しなければならない。イネにおいては、発芽から出穂期までの期間は葉身が光合成産物のソースとして機能し、分けつの葉鞘や茎がシンクとなる。出穂後は、穂特に籾がシンク器官として重要であり、この部分に葉身から直接転流したりあるいは分けつの葉鞘、稈などに貯蔵されていた同化産物が再転流してデンプンなどが蓄積する（石塚・田中 1969）。

コムギについては1960年代に、メキシコ、インド、パキスタンなどを中心とする国々において緑の革命と呼ばれた単位面積当り収量の飛躍的向上が実現した。これには、わが国の品種農林10号が持つ2つの半矮性遺伝子 Rht1 と Rht2 を利用した半矮性品種の育成と普及が大きく貢献した（Goto 1977、Gale et al. 1981）。コムギの半矮性品種が多収性を発揮した原因の一つは、稈長が短くなったことにより倒伏抵抗性が改善されたことである。またこれを物質生産から見ると、コムギ品種の収量の増加は光合成能力の向上による植物体重の増加によるものではなく、半矮性化によって蘖重が減少し収穫部分への同化産物の分配率が改善したためであることが明らかにされている（Austin et al. 1980、Gale and Yoseffian 1985）。

イネについても、半矮性品種の物質生産は作物学的観点から詳しく調べられており（徐・茶村 1979、Inthavongsa et al. 1985ab、丸山ら 1988）、近年の単位面積当り収量の向上には半矮性化による収穫指数の改善が貢献したと考えられている（武田・大石 1980、武田ら 1984）。岡ら（1987）は、わが国の新旧品種、IR系品種、韓国の日印交雑品種、

イタリア品種など多数の長稈および半矮性品種を用い、出穂期のシンク量とシンク/ソース比を調べた。IR品種と日印交雑品種は、シンク量が他の品種群よりも大きく、またシンク/ソース比も高かったが、わが国の半矮性品種ではシンク量とシンク/ソース比がともに低かった。これは、わが国の半矮性品種ではシンク量の増大が過繁茂に結びつくため、その増大が制限されるからであると考えられた。しかし、これまで行われた半矮性品種の物質生産に関する研究のほとんどすべてが、遺伝的背景を異にする長稈品種と半矮性品種との比較によるものであった。半矮性品種を構成する遺伝子の中心は半矮性遺伝子であり、半矮性遺伝子と遺伝的背景に存在する他の遺伝子との組み合わせで様々な半矮性品種が生まれる。したがって、稈長を異にする品種間の比較は、半矮性品種が多収性を発揮する機構の解析に一つの知見を与えるが、遺伝的背景が異なるため半矮性遺伝子がイネの物質生産に及ぼす影響については明確にすることはできない。そこで、より多収の半矮性品種を育成するためには、半矮性品種の遺伝的基盤である半矮性遺伝子が物質生産に及ぼす作用を解明する必要がある。

半矮性品種が多収性を発揮するのは、多肥条件下においてである。第2章第1節では、ポット栽培によって肥料実験を行い、半矮性遺伝子 sd-1 がイネの伸長節間、特に下部節間の伸長を抑制することで短稈にし、この傾向は多肥条件でも変わらないことを示した。しかしながら、ポット栽培では根系の発達が抑制されるなどのため実際の圃場栽培とは各種環境条件が大きく異なる。また、草丈や稈長は量的形質であり、環境条件とともに遺伝的背景の影響も受けることが考えられる。そのため、半矮性遺伝子の形質発現を収量性との関係から明らかにするためには圃場栽培による実験が必要であり、また半矮性遺伝子と遺伝的背景との関

係も明らかにする必要がある。

そこで遺伝的背景が異なる5つの半矮性準同質遺伝子系統を2つの肥料条件で栽培し実験を行った。本章第1節では、遺伝的背景が半矮性遺伝子の形質発現に及ぼす影響を、さらに第2節で半矮性遺伝子が物質生産に及ぼす作用を明らかにした。これによって、異なる遺伝的背景の下で半矮性遺伝子が物質生産に及ぼす作用を考察した。

## 第1節 遺伝的背景を異にする半矮性準同質遺伝子系統の形質発現

インドネシアの半矮性遺伝子 sd-1 が節間に及ぼす伸長抑制作用は遺伝的背景の影響を受けると考えられる。しかしながら、遺伝的背景が sd-1 の伸長抑制作用に対してどのような作用を示すのかは不明である。半矮性遺伝子と遺伝的背景との間に一定の関係を見出すことができれば、突然変異や遺伝子組換え技術などの利用によって長稈品種を半矮性化する際に、予め稈長を推定することができる。

放射線突然変異によって育成されたアメリカ合衆国の Calrose 76 が半矮性遺伝子 sd-1 と同じ遺伝子座に半矮性遺伝子を持つことが明らかにされている (Rutger 1983)。また第1章第2節においては、レイメイの半矮性遺伝子が sd-1 遺伝子座にあるにも関わらず、sd-1 と比較して稈の伸長抑制作用が弱いことを明らかにした。Sato and Morishima (1985) は、Calrose 76 の半矮性遺伝子と sd-1 との比較を行い、Calrose 76 の半矮性遺伝子は生育初期では発現しないことを報告した。しかしながら、由来を異にする半矮性遺伝子の間で稈長の伸長抑制程度を比較した報告はない。半矮性遺伝子が稈長に及ぼす伸長抑制程度を比較することは、半矮性育種に利用する半矮性遺伝子を選択するための基礎的知見となる。

そこで本節では、異なる遺伝的背景において、インド型半矮性品種台中在来1号に由来する半矮性遺伝子 sd-1 が穂長、稈長、伸長節間長などに及ぼす形質発現について究明した。また、異なる遺伝的背景において、由来を異にする半矮性遺伝子が稈長に及ぼす伸長抑制作用を比較した。実験は2つの肥料条件下で行った。

## 1) 材料および方法

実験には、Table 3-1に示した6つの同質遺伝子系統対を用いた。いずれも日本型品種もしくは日本型品種に遺伝的に近いとされるアメリカの中粒品種である。S C-TN1と台中65号-sd1は、長稈の農林29号と台中65号の遺伝的背景に台中在来1号に由来する半矮性遺伝子 sd-1 をそれぞれ連続戻し交雑によって導入した半矮性系統である。S C-TN1は農業技術研究所において、また台中65号-sd1は国立遺伝学研究所において育成された(菊池ら 1985、Sato and Morishima 1985)。半矮性品種レイメイとCalrose 76は、長稈のフジミノリとCalroseからそれぞれ放射線照射によって人為的に誘発された突然変異品種で、これらの品種も sd-1 遺伝子座に半矮性遺伝子を有する。一方、ふ系71号はレイメイと同様フジミノリから、また北陸100号はコシヒカリから放射線照射によって誘発された半矮性系統であるが、それぞれの半矮性遺伝子は sd-1 と非対立の関係にある。

1988年4月20日、筑波大学農林技術センターのビニールハウス内の育苗箱にこれらの品種・系統を播種し、6月3日に苗を水田に移植した。栽植密度は畦間24cm、株間20cm、1株1個体植えとし、1品種・系統当たり3畦として栽培した。肥料条件は標準区と多肥区の2つとし、3回反復で行った。施肥は窒素、リン酸、カリウムを14%ずつ含む化成肥料を用いた。標準区の基肥は窒素にして5kg/10a、追肥は6月24日と7月10日に1kg/10aずつ行った。また多肥区では基肥を8kg/10aとし、6月24日に4kg/10a、7月10日に2kg/10aずつ追肥した。

各品種・系統当たり15個体の出穂日を調べ、その平均を出穂期とした。成熟期に、3畦ずつ植えられた各処理区の中央の畦の10個体を地際から抜き取り、1品種・系統当たり3回反復で合計30個体ずつ調査を行った。

調査形質は稈長、穂長、上位5つの伸長節間長と穂数である。

## 2) 結果

各品種・系統の出穂期、稈長、穂長、上位5つの伸長節間長と穂数をTable 3-2に、また分散分析の結果をTable 3-3に示した。出穂期については、遺伝的背景を異にする系統間で大きな差が見られた。まずフジミノリ系、すなわちフジミノリ、レイメイならびにふ系71号が、8月5日から8月6日に最も早く出穂した。コシヒカリ系と台中65号系は8月15日から17日に、つづいてCalrose系が8月18日から8月21日に、農林29号系は出穂が最も遅く、8月22日から8月24日であった。しかし、長稈系統とそれに対応する半矮性系統間ならびに標準区と多肥区の間では、出穂期に有意差は認められなかった。

穂長については、Calrose系が約22cmで最も長かったのに対し農林29号系と台中65号系が約19cmでCalrose系より短く、遺伝的背景の違いによって穂長に差が見られた。半矮性系統とそれに対応する長稈系統の間では有意差が見られ、半矮性系統の穂がやや短かった。また標準区と多肥区の間でも有意差が見られ、多肥区の穂長と比較して標準区の穂長が短かった。

標準区と多肥区との間における穂数の比較から、肥料の増加によって穂数が著しく増加したことがわかった。多肥区において遺伝的背景が異なる系統ごとに穂数を比較すると、農林29号系の穂数が他の系統よりも多かった。しかし半矮性系統と長稈系統の間では、穂数に有意な差は認められなかった。

稈長について見ると、標準区と多肥区ともに半矮性遺伝子を持つ系統では、Calrose 76が最も長く、ふ系71号が最も短かった (Table 3-2)。

一方、長稈系統で最も稈が長いのは Calrose で、最も短いのはフジミノリであった。半矮性遺伝子を有する Calrose 76 は、半矮性遺伝子を持たないフジミノリと農林29号よりも稈が長いかもしくはほぼ同じであった。このことから、半矮性遺伝子を有する系統が半矮性遺伝子に対立する長稈遺伝子を持つ系統より必ずしも稈長が短いわけではないことがわかった。

すべての同質遺伝子系統対で、半矮性系統は各々に対応する長稈系統より有意に短稈であった (Table 3-2)。Fig. 3-1 は同質遺伝子系統対ごとに半矮性系統とそれに対応する長稈系統の間で稈長を比較したものである。標準区と多肥区ともにレイメイの稈長はフジミノリより約10cm短いだけであったが、他の同質遺伝子系統対では半矮性系統の伸長抑制程度はこれよりも大きかった。特にふ系71号と台中65号-sd1では、それぞれに対応する長稈系統のフジミノリと台中65号に比べ約30cm短く伸長抑制程度が大きかった。一方、台中65号系と同様、台中在来1号に由来する半矮性遺伝子 sd-1 の同質遺伝子系統対である農林29号系では、半矮性化による稈長の伸長抑制は標準区で約15cm、多肥区で22cmであり、台中65号系での伸長抑制程度と比較して約10cm小さかった。このように各同質遺伝子系統対ごとに、長稈系統に対する半矮性系統の稈長の伸長抑制程度が異なったことから、第2章第1節の計算式を用い各同質遺伝子系統対ごとにその半矮性遺伝子が稈長に及ぼす短縮率を算出した (Table 3-4)。これによって各半矮性系統が持つ半矮性遺伝子の稈長に及ぼす伸長抑制作用を比較すると、ふ系71号の伸長抑制程度が最も大きく、つづいて台中65号-sd1、S C-TN1、北陸100号、Calrose 76、レイメイの順となることがわかった。

農林29号系と台中65号系で、半矮性遺伝子 sd-1 の稈長の伸長抑制程

度が異なったことから、両同質遺伝子系統対の節間長を比較した (Fig. 3-2)。第4、第5節間では、これら節間長が短いために両同質遺伝子系統対間に明瞭な差は認められなかった。しかし上部節間、特に第1節間では、農林29号系に比べ台中65号系で半矮性遺伝子による節間の伸長抑制が大きかった。すなわち、長稈系統である農林29号と台中65号の第1節間長はそれぞれ約35cmと42cmで台中65号が約7cm長かったのに対し、S C-TN1では約30cm、台中65号-sd1では約28cmで半矮性系統間では台中65号-sd1の方がむしろ短かった。このことは、半矮性遺伝子 sd-1 は遺伝的背景によって伸長抑制程度が異なり、台中65号の遺伝的背景の下では農林29号と比較して上部節間の伸長を強く抑えることを示す。

標準区と多肥区の間で稈長の比較を行ったところ、多肥区の稈長が有意に長いことがわかった。そこで、肥料の増加に対する稈の伸長を示したのがFig. 3-3である。稈長と肥料反応との間の相関係数は $r=0.50$ となり5%水準で有意でなかったが、稈長が長い系統は肥料反応が大きいという傾向が見られた。また同質遺伝子系統対ごとに肥料反応を比較すると、半矮性系統がそれに対応する長稈系統よりも肥料反応が小さかった。長稈系統は肥料が増えることによって稈が4cmから9cm伸長したが、レイメイを除く5つの半矮性系統では4cm以下であった。レイメイは増肥によって稈が約6cm伸長し、肥料反応が半矮性系統の中で最も大きかった。

### 3) 考察

わが国のオオムギには、半矮性でややよじれた葉を持つ品種が多く見られる (Takahashi 1942)。これらの品種は渦性遺伝子と呼ばれる半矮性遺伝子を持ち、これに対して長稈の品種は並性遺伝子を持ち、渦性遺



伝子と並性遺伝子是对立関係にある。高橋ら(1961)は、並・渦性について異なる14の同質遺伝子系統対を用いて並性系統と渦性系統の稈長を比較した。その結果、並性系統の稈長が短くなるにつれ、対応する渦性系統の稈長の伸長抑制が著しくなることがわかった。これは、稈長を短くする遺伝的背景の影響を渦性系統が並性系統よりも強く受け短稈化することを示す。

一般に、矮性品種と長稈品種の交雑に由来する矮性個体群と長稈個体群との稈長を比較すると、矮性個体群の稈長の変異は小さいのに対し長稈個体群の変異は大きい。これは、長稈を支配する遺伝子に比べ矮性遺伝子の稈長に及ぼす伸長抑制作用が遺伝的背景に影響され難いためと推察される。半矮性遺伝子 sd-1 は、広義には矮性遺伝子の一種であり、多くの矮性遺伝子と同様 sd-1 も稈長に及ぼす伸長抑制作用が遺伝的背景に影響され難いことが考えられる。実際、低脚烏尖をはじめ、台中在来1号、統一、密陽23号、IR8など低脚烏尖に由来する半矮性遺伝子 sd-1 を持つ品種は、筑波大学農林技術センター水田における栽培では、稈長がおよそ55cm~65cm程度で品種間差は小さい。また岡ら(1987)の用いた半矮性品種の稈長の変異も、出穂まで日数に12日もの品種間差があるにも関わらず50cm~69cmで小さかった。さらに本実験において、稈長が約75cmの農林29号とそれより約10cm長稈の台中65号が、半矮性遺伝子 sd-1 によって両品種とも稈長が約55cmになったことは、sd-1 の稈長に及ぼす作用力が遺伝的背景によって異なることを示唆する。しかしながら、半矮性品種の稈長は人為的選抜の結果であり、また本実験の結果も2つの同質遺伝子系統対に基づく推測であり、これらのことから直ちに半矮性遺伝子 sd-1 が稈長をある一定の長さにすると断定することはできない。半矮性遺伝子と遺伝的背景との相互作用を明らかにすれば、

その半矮性遺伝子を用いた育種において予め半矮性個体の稈長を推定することが可能となる。このため、さらに多くの同質遺伝子系統を用いて sd-1 が稈長に及ぼす伸長抑制作用と遺伝的背景との関係を明らかにする必要がある。

一方、由来を異にする半矮性遺伝子の形質発現を相互比較したところ、レイメイ < Calrose 76 < 北陸100号 < S C-TN1 < 台中65号-sd1 < ふ系71号の順で稈長の短縮率が大きいことがわかった (Table 3-4)。この実験は遺伝的背景の異なる同質遺伝子系統対を用いて行ったことから、実験結果の解析にあたっては遺伝的背景の影響を考慮する必要がある。第1章第3節で述べたように、レイメイの半矮性遺伝子は sd-1 と同じ遺伝子座にあるが、その稈長に対する伸長抑制作用は sd-1 と比べてやや弱い傾向があり、これは本実験の結果と一致する。また前述したように、半矮性遺伝子の稈長の伸長抑制作用は遺伝的背景に影響され難いと考えられる。したがって、各半矮性系統の持つ半矮性遺伝子の稈長の伸長抑制作用は、ふ系71号の矮性遺伝子が最も大きく、次に台中65号-sd1と S C-TN1の持つ sd-1、北陸100号の半矮性遺伝子 d (富田ら 1987)、Calrose 76の半矮性遺伝子となり、レイメイの半矮性遺伝子が最も作用が小さいと考えられる。

レイメイは、肥料に対しても半矮性系統の中では特異な反応を示した (Fig. 3-3)。すなわち、他の半矮性系統の肥料反応が 4 cm以下であったのに対し、レイメイは約 6 cmでこの品種より稈長の長い Calrose 76 やコシヒカリよりも反応が大きかった。第3章第1節で述べたように、半矮性遺伝子 sd-1 は多肥条件下における節間伸長を抑制する。このことは、本実験でも長稈系統と比較してそれに対応する半矮性系統の肥料反応が小さかったことから支持される。一方、レイメイの肥料反応が半矮性

系統の中で特に大きかったことから、レイメイの半矮性遺伝子は sd-1 と比較して伸長抑制作用が小さいことが示唆された。

## 第2節 半矮性が物質生産に及ぼす影響

イネなどの子実作物の器官を大きく分けると、収穫部分に相当する子実部分がシンクに、非子実部分がソースに相当する。シンクとソースの間には同化産物の分配の関係があり、多収性を発揮させるためにはソースからシンクへ効率的に同化産物を分配させなければならない。全植物体重に占める子実部分の割合を表す収穫指数は、同化産物の分配を表す有効な指標である。収穫指数が低過ぎる場合は、植物体が大きい割に収量が低いことを示し、無駄な生長が多いことになる。一方、矮性個体や生育不良で穂数の少ない個体では、植物体と比較して子実部分の割合が相対的に高いために収穫指数が著しく高くなる場合がある。このため、多収品種の育成に際しては、高収量を確保するのに適した収穫指数となるようシンク/ソース比を考える必要がある。

さらに、子実収量を高くするためには、全植物体重の増加も不可欠である。子実収量は収穫指数と地上部乾物重の積として表すことができる。したがって、収穫指数が一定ならば子実収量は地上部乾物重に比例する。全植物体重は植物の生育期間の長さや生長速度によって決まり、生長速度が同じであるならば生育期間の長い植物ほど、あるいは生育期間が同じであるならば生長速度の大きい植物ほど全植物体重は増加する。

半矮性品種の育成と利用は、多肥条件下における単位面積当り収量の向上に大きく寄与した。草丈や稈長の半矮性は、倒伏抵抗性や群落光合成の改良に貢献したが、物質生産の面から見ると全植物体重の向上には貢献せずむしろ収穫指数の改善によって多収性をもたらしたと考えられる。Austin *et al.* (1980) は、コムギの収穫指数の改良は限界に達しており、一層の収量向上を図るためには全植物体重の増加が必要であ

るとした。またHanson *et al.* (1985) も、オオムギについて全植物体重が重くかつ収穫指数が高いような遺伝子型が多収であることを明らかにした。

このように半矮性を利用した多収品種を育成するためには、全植物体重についても考慮しなければならない。しかしながら全植物体重は生育期間の長さで生長速度によって決められるため、半矮性が物質生産に及ぼす影響を明らかにするためには生育期間全般を通して調査する必要がある。武田ら (1983) は、イネの日本型半矮性品種は長稈品種に比べ幼穂形成期の乾物生産が低いためシンク量が小さくなることを明らかにした。このことから、日本型半矮性品種では、半矮性化にともなう幼穂形成期の乾物生産力の低下の克服が多収性実現のための重要な課題であるとした。

そこで本節では、遺伝的背景を異にする同質遺伝子系統対を用いて、半矮性遺伝子が生長に及ぼす作用を地上部乾物重、草丈および分けつ数の面から追究した。

#### 1) 材料および方法

前節と同じ、遺伝的背景を異にする6つの同質遺伝子系統対を用いた。すなわち、半矮性遺伝子に関する各同質遺伝子系統対の長稈系統とそれに対応する半矮性系統は、農林29号とSC-TN1、台中65号と台中65号-sd1、フジミノリとレイメイならびにふ系71号、CalroseとCalrose 76、コシヒカリと北陸100号である (Table 3-1)。

1988年4月20日、これら品種・系統を筑波大学農林技術センターのビニールハウス内の育苗箱に播種し、6月3日に苗を水田に移植した。栽植密度は畦間24cm、株間20cm、1株1個体植えとし、1品種・系統当り

3 畦として栽培した。肥料条件は標準区と多肥区の2つとし、3回反復で行った。施肥は窒素、リン酸、カリウムを14%ずつ含む化成肥料を用いた。標準区の基肥は窒素にして5 kg/10a、追肥は6月24日と7月10日に1 kg/10aずつ行った。また多肥区では基肥を8 kg/10aとし、6月24日に4 kg/10a、7月10日に2 kg/10aずつ追肥した。

6月21日から15日ごとに、1品種・系統・1実験区当たり3個体、1肥料区にして9個体ずつ水田から掘り取り、植物体を水洗して泥を落とし調査を行った。調査形質は、草丈、分けつ数、葉面積、乾燥させた葉身重ならびに茎重である。草丈は根元から最長葉身の先端までとし、分けつ数については枯死した分けつを除いた。乾燥させた葉身重と茎重は、まず葉耳の部分で切断して葉身と茎部に分け、120°Cで1時間その後80°Cで1昼夜熱風乾燥した後に測定した。葉面積は、まず生育が中庸な1～3個体の葉身の面積を面積計で測定し、その後この乾燥葉身重を測定し葉面積と乾燥葉身重の比から単位乾燥葉身重当りの葉面積を計算した。他の個体については、直ちに乾燥葉身重を測定し、これと単位乾燥葉身重当りの葉面積との積からこれら個体の葉面積を推定した。成熟期には1品種・系統・1実験区当たり10個体、1肥料区にして30個体ずつ水田から掘り取り、自然乾燥した後に稈長、穂長、穂数、穂重ならびに地上部乾物重を調査した。また地上部乾物重に対する穂重の百分率を収穫指数とした。

## 2) 結果

各品種・系統の草丈の変化をFig. 3-4a、-4bに示した。農林29号系、すなわち長稈の農林29号とその半矮性準同質遺伝子系統であるS C-TN1について見ると、全生育期間を通じて標準区ならびに多肥区とも長稈の

農林29号の草丈が半矮性のS C-TN1より長かった。この傾向は、すべての同質遺伝子系統対で同様であった。しかし、農林29号系、台中65号系ならびにコシヒカリ系では7月6日にすでに長稈系統と半矮性系統の草丈の差が広がり始めていたのに対し、Calrose系とフジミノリ系では7月21日以降に差が広がった。標準区と多肥区の間で草丈の変化を比較すると、多肥区の草丈が標準区よりわずかに長い傾向が見られた。これはフジミノリで特に顕著であった。

農林29号とS C-TN1の分けつ数の変化をFig. 3-5に示した。両品種・系統とも施肥量に関わりなく6月21日以降分けつ数が急増し、7月21日から8月5日にかけて最高分けつ期となりその後分けつ数は次第に減少した。他の同質遺伝子系統対についても、最高分けつ期は同質遺伝子系統対ごとに異なるが、ほぼ同様な傾向を示し、長稈系統と半矮性系統の差は小さかった。ただしフジミノリ系の場合、発生した分けつのほとんどは出穂し有効分けつとなった。

多肥区における農林29号系の葉面積を見ると、農林29号とS C-TN1の差はほとんどなかった (Fig. 3-5)。両系統とも分けつ数の増加や上位葉身の抽出にともなって葉面積が増加したが、8月20日を最高として出穂後に減少した。これは無効分けつや下葉が枯れたためである。標準区では8月5日までは、農林29号とS C-TN1の葉面積に品種・系統間差は見られなかったが、その後S C-TN1の葉面積が農林29号よりもやや大きくなった。図は示さなかったが、台中65号系、コシヒカリ系ならびにCalrose系でも葉面積の増減が見られた。しかし、両肥料区とも長稈系統と半矮性系統の間に明瞭な差は認められなかった。

調査期間中における農林29号系の地上部乾物重の変化をFig. 3-6に示した。Oka et al. (1970) の方法に従い実測値にS字曲線の式を当ては

めることによって生長曲線を推定し、品種・系統間差を比較した。ただし Oka *et al.* (1970) は二次のロジスチック曲線式を用いたが、ここでは Richard の曲線式を用いた。この曲線式から地上部乾物重の生産速度を推定し Fig. 3-6 に示した。多肥区における農林29号の地上部乾物重は、8月5日になると両肥料区の S C-TN1 や標準区の農林29号より明らかに重くなった。一方、乾物生産速度は生長とともに高くなり8月24日に最高となった後、急激に低下した。この傾向は肥料区間ならびに長稈系統と半矮性系統の間で同じであったことから、農林29号系では半矮性遺伝子の存否に関わらず出穂直前に乾物生産速度が最高となることがわかった。しかし、農林29号に比べ S C-TN1 の乾物生産速度はやや小さかった。図を示さなかったが、他の同質遺伝子系統対についても同様の傾向を示し、半矮性系統の方が長稈系統より乾物生産速度が小さかったが、生産速度が最高となる時期に関しては半矮性遺伝子の存否に関わらず出穂直前であった。

次に成熟期の諸形質について、特に穂数、地上部乾物重、穂重ならびに収穫指数について述べる。長稈系統を含むすべての品種・系統は、多肥区において稈長の著しい伸長が認められたが倒伏はしなかった。

穂数については、長稈系統とそれに対応する半矮性系統の間で有意な差は認められなかったが、肥料が増えることによってすべての品種・系統の穂数が増えた (Table 3-5、Table 3-6)。そこで各品種・系統の増肥による穂数の肥料反応を調べた (Fig. 3-7)。全品種・系統では、標準区の穂数と穂数の肥料反応との間に有意な相関は認められなかったが、Calroseを除いて相関係数を計算すると  $r = -0.68$  で5%水準で有意な相関があった。これは、穂数の少ない品種・系統は肥料反応が大きく、穂数の多い品種・系統では肥料が増えても穂数の増加は小さいことを示唆



する。

地上部乾物重と穂数の間には  $r=0.76$ 、地上部乾物重と稈長の間にも  $r=0.54$  で、ともに 1% 水準で有意な相関があった (Fig. 3-8、Fig. 3-9)。また地上部乾物重と出穂まで日数の間においては、標準区で  $r=0.78$ 、多肥区で  $r=0.69$  で、それぞれ 1%と5%水準で有意な相関があった (Fig. 3-10)。そこで地上部乾物重 ( $Y$ ) に対する穂数 ( $X_1$ )、稈長 ( $X_2$ ) ならびに出穂まで日数 ( $X_3$ ) の重回帰式を求めたところ、 $Y = -0.90 + 2.98X_1 + 0.25X_2 + 0.09X_3$  となった (Table 3-7)。偏相関係数は地上部乾物重と穂数の間で 0.84、地上部乾物重と稈長の間で 0.73となり、ともに 1%水準で有意であったが、地上部乾物重と出穂まで日数の間では 0.16で有意ではなかった。これらのことは、肥料の増加にともない地上部乾物重が増える原因が、主に稈長と穂数が増大するためであることを示す。

各同質遺伝子系統対ごと長稈系統とそれに対応する半矮性系統の間で、成熟期の地上部乾物重を比較したのがFig. 3-11である。ほとんどの同質遺伝子系統対で長稈系統が半矮性系統より地上部乾物重が重かった。しかし、半矮性品種レイメイについては両肥料区ともそれに対応する長稈品種フジミノリより重かった。またすべての品種・系統で、標準区よりも多肥区で地上部乾物重が重かった。

個体当りの穂重について見ると、標準区においては台中65号系を除くすべての同質遺伝子系統対で半矮性系統がそれに対応する長稈系統より重かった (Fig. 3-12)。しかし多肥区においては、すべての同質遺伝子系統で長稈系統の個体当り穂重が半矮性系統よりも重かった。標準区における台中65号系を除く5つの同質遺伝子系統対で個体当り穂重を比較すると、農林29号系が最も穂重が重く、次いでコシヒカリ系、Calrose

系、レイメイ系、ふ系71号系となった。この順位は多肥区においても同様であった。個体当りの穂重と穂長の間には、 $r=-0.09$ で有意な相関は認められなかった。しかし個体当りの穂重と穂数との間には  $r=0.82$ 、決定係数にして 67%の 1%水準で有意な高い正の相関が見られ、個体当り穂重の変化は、主に穂数の増減によることがわかった (Fig. 3-13)。

個体当り穂重と地上部乾物重との関係を調べるために、各同質遺伝子系統ごとに収穫指数を比較した (Fig. 3-14)。標準区よりも多肥区で収穫指数がやや高い傾向があった (Table 3-5)。長稈系統の収穫指数 (X) と半矮性系統の収穫指数 (Y) との間には  $r=0.89$ 、1%水準で有意な高い正の相関があった。またこの回帰直線は  $Y = -0.65 + 1.21X$  で、その回帰係数は  $b=1.0$  に対し 1%水準で有意に異なった。これは、収穫指数の高い長稈品種に半矮性遺伝子を導入すると、育成された半矮性系統の収穫指数がより高くなり、半矮性が収穫指数の向上をもたらすことを示す。

### 3) 考察

Austin *et al.* (1980) は、多収性からみたコムギの収穫指数の上限を 62%と推定したが、生物重量 (Biomass) の低い作物は収穫指数が高くても多収とはならない。Stoskope and Fairey (1975) は、コムギ60系統の稈長と収量を測定し長稈で地上部乾物重が重くなるに従い収量が高くなる傾向のあることを指摘している。同様のことは Law *et al.* (1978) も報告しており、極端に矮性なものを見直し、Tall-dwarfすなわち半矮性で比較的草丈の高い個体に選抜基準を置くことを提案している。イネでは武田・大石 (1980) が、フジミノリに由来する半矮性突然変異系統を用い稈長と多収性との関係を調べた。その結果、収穫指数から見た最

適稈長は70cmで、また収量から見た最適稈長は70cm～80cmであり、長稈系統では収穫指数が低いために、また矮性系統では地上部重と収穫指数がともに低いために低収となることを報告した。

本実験では、標準区の個体当たり穂重は、半矮性系統が対応する長稈系統より多かった。しかし多肥区では、フジミノリを除く4つの長稈系統が対となる半矮性系統より多収であった。本実験の標準区で半矮性系統が多収であったのは、半矮性系統が長稈系統に比べ収穫指数が高かったためと考えられる。高屋・宮坂（1981）は、長稈で倒伏し易いコシヒカリと半矮性系統の関東100号に倒伏防止網処理を行い倒伏しない場合の収量を比較した。その結果、極多肥区では関東100号がコシヒカリよりもやや収量が多かったが、多肥区と少肥区ではコシヒカリの方が多収であった。このことから、本実験において多肥区で長稈系統が多収を示したのは、本実験の栽培条件では倒伏せず、多肥条件下で長稈系統の地上部乾物重が増大し穂重がこれに比例したためと考えられた。

Oka *et al.* (1970) は、生長にともなう地上部乾物重の変化を調べ、生長率が幼穂形成期頃に高くなる早期強勢型と出穂期頃に高くなる晩期強勢型の二つの生長様式があることを指摘した。本実験で用いられた同質遺伝子系統対は、すべて出穂期の10日前頃から出穂期直後にかけて地上部乾物重の生産速度が最大となり、晩期強勢型に相当する。地上部乾物重の生産速度が最高となる時期については、半矮性系統とそれに対応する長稈系統の間で差はなかったことから、半矮性遺伝子は生長様式に影響しないことがわかった。

しかしながら、乾物生産速度は半矮性系統が長稈系統より低く、このために半矮性系統の成熟期の地上部乾物重が長稈系統より低くなった。子実収量を向上させるには、収穫指数の改善と地上部乾物重を増大させ

る二つの方法が考えられる。半矮性化は、収穫指数の向上に大きく寄与するが、一層の収量向上のためには地上部乾物重を増大させる必要がある。地上部乾物重の変化は草丈や分げつ数の消長と密接な関連があり、さらに穂長や籾数などのシンクの決定に際しても重要な因子である。武田ら(1983)は、日本型半矮性品種では幼穂形成期の乾物生産速度が低く、このことがシンク/ソース比を低くして収量の制限要因となっていることを指摘した。半矮性遺伝子は生長様式に影響しないことから、遺伝的背景を改良することで幼穂形成期頃の乾物生産速度を高くし半矮性品種の生長型を早期強勢型とし、これによって地上部乾物重を増加させるとともにシンク量の増大を図ることが可能であるものと考えられた。

一方、シンク量を増大させるために幼穂形成期の乾物生産速度を高めれば、分げつ数が増加し過繁茂になり易い(武田ら 1984)。Fig. 3-7に示したように、標準区において穂数の多い品種・系統は肥料が増しても穂数の増加が小さかった原因は、増肥により発生した分げつが株内で競争を起こし有効茎数の増加が抑制されたためと考えられる。本実験は圃場での抜き取り調査であったため分げつの消長については明瞭でなかったが、第3章第1節で示したように半矮性遺伝子は多肥条件下で分げつ数を増加させる傾向がある。したがって、幼穂形成期の乾物生産速度を高めると、半矮性品種では分げつ数が一層増加し過繁茂になることが懸念される。特にこの傾向は、わが国の穂数型半矮性品種で顕著になることが予想される。半矮性であっても過繁茂にならない草型としては、単位面積当り籾数を穂数の増加によってではなく一穂籾数の増加によって確保する穂重型が考えられる。

実際インド型半矮性品種や日印交雑半矮性品種は、穂数の増加よりもむしろ穂長の増大によって籾数を確保し多収性を発揮している。著しい

多収性を示す韓国の日印交雑半矮性品種水原258号では、最高分げつ数は極めて多いが、生育途中で枯死する分げつが多く、有効茎歩合が低い(窪田ら 1988)。このため、登熟期には密植に適した直立的草型となる。籾数についてみると、一穂籾数が多くしかも環境に対する一穂籾数の変化が少ないため、単位面積当り穂数の増加する密植条件では単位面積当り籾数が顕著な増加を示す。日本型半矮性品種は、従来穂数型の方向に育種が進められてきたが、穂数の増加によるシンの確保は限界に達しつつある。これを打開するためには、穂数型から穂重型への転換が必要と考えられる。したがって、穂重型であるインド型半矮性品種や韓国の日印交雑半矮性品種は、日本型の半矮性穂重型品種を育成する際の遺伝資源として有効である。

### 第3節 要約

本章第1節では、半矮性遺伝子が稈長に及ぼす伸長抑制作用に遺伝的背景がどのように影響するか、また由来を異にする半矮性遺伝子間で稈の伸長抑制作用に差があるかどうかを検討した。さらに第2節においては、半矮性遺伝子が物質生産に及ぼす影響を明らかにするために、生長過程での地上部乾物重の変化を調べた。実験には、由来を異にする半矮性遺伝子を持つ遺伝的背景の異なる6つの同質遺伝子系統対を用い、標準区と多肥区の2肥料条件下で行った。

同質遺伝子系統対ごとに半矮性系統とその遺伝的背景となった長稈品種との間で稈長を比較すると、標準区と多肥区の両区とも半矮性化による稈長の伸長抑制効果はふ系71号が最も大きく、続いて台中65号-sd1、S C-TN1、Calrose 76、レイメイの順となった。施肥量が増えると供試したすべての品種・系統の稈長が伸長し、特に長稈品種で著しかった。半矮性品種であるレイメイは増肥によって稈が6cmも伸長したが、レイメイを除く半矮性系統の肥料反応は小さかった。このことからレイメイの半矮性遺伝子は、sd-1 遺伝子座にあるにも関わらず sd-1 と比較して稈の伸長を抑制する効果が小さいことがわかった。

農林29号と台中65号のそれぞれの遺伝的背景に同一の半矮性遺伝子 sd-1 を導入した半矮性準同質遺伝子系統 S C-TN1 と台中65号-sd1 について稈長を調べると、台中65号の稈長は農林29号より約10cm長かったが、両品種の半矮性準同質遺伝子系統の稈長はともに約55cmで差はほとんど認められなかった。sd-1 は台中65号の遺伝的背景において上部伸長節間を中心として稈長を約30cmも短縮させるが、農林29号の遺伝的背景では約20cmしか短くしないことがわかった。このことから半矮性遺伝子の

作用力は遺伝的背景ごとに異なることがわかった。

物質生産に及ぼす半矮性遺伝子の効果を見ると、半矮性遺伝子は草丈を短くすることで半矮性系統の地上部乾物重を減少させるが、地上部乾物重の生産速度が最高となる時期は半矮性系統とその遺伝的背景となった長稈品種の間でほぼ等しかった。分けつ数と葉面積については、生育期間を通して同質遺伝子系統対内で明瞭な差は認められなかった。

個体当り穂重についてみると、標準区に比べ多肥区においてすべての品種・系統で穂重が重くなった。この穂重の増加は、穂数が増加したことによるものであった。標準区では台中65号を除くすべての同質遺伝子系統対で半矮性系統がそれに対応する長稈品種より重かった。しかし、多肥区ではすべての同質遺伝子系統対で長稈品種の方が対応する半矮性品種・系統より重かった。肥料水準が高くなると長稈品種の方がそれに対応する半矮性品種・系統より多収性を示した理由は、半矮性品種・系統の穂数に関する肥料反応が長稈品種に比べて小さかったためである。

長稈品種とそれに対応する半矮性品種・系統の間で収穫指数に関する相関を調べた。その結果、長稈品種の収穫指数が高いほど、その遺伝的背景に半矮性遺伝子を導入して育成された半矮性系統の収穫指数がより一層高くなることがわかった。

半矮性遺伝子の伸長抑制作用は、多肥条件下における稈の伸長を抑制し倒伏抵抗性を向上させるとともに収穫指数を改善するという利点を持つ。しかし、収穫指数の改善は、半矮性化による地上部乾物重の減少によるものであった。地上部乾物重の減少は収量性を制限する。したがって、より一層の半矮性・多収品種を育成するには、地上部乾物重を大きくする必要がある。そこで、半矮性育種を行うに際し、地上部乾物重が大きくなるよう遺伝的背景を改良するとともに、地域によって半矮性遺

伝子 sd-1 や sd-1 とは作用力が若干異なるレイメイの半矮性遺伝子などを使い分ければ、倒伏抵抗性と収穫指数に優れかつ地上部乾物重の大きい半矮性・多収品種を育成することが可能であると考えられた。



Table 3-1. Semidwarf near-isogenic lines, their tall varieties as genetic backgrounds and breeding methods used to produce the near-isogenic lines

| Line No. | Semidwarf lines | Gene symbol               | Line No. | Tall varieties | Breeding methods |
|----------|-----------------|---------------------------|----------|----------------|------------------|
| S1       | SC-TN1          | <u>sd-1</u> <sup>1)</sup> | T1       | Norin 29       | Backcross        |
| S2       | Taichung 65-sd1 | <u>sd-1</u> <sup>1)</sup> | T2       | Taichung 65    | Backcross        |
| S3       | Calrose 76      | <u>sd-1</u>               | T3       | Calrose        | Mutation         |
| S4-1     | Reimei          | <u>sd-1</u>               | T4       | Fujiminori     | Mutation         |
| S4-2     | Fukei 71        | <u>d-51</u>               | T4       | Fujiminori     | Mutation         |
| S5       | Hokuriku 100    | <u>d</u>                  | T5       | Koshihikari    | Mutation         |

1) Donor parent is Taichung (Native) 1.

Table 3-2. Characteristics of semidwarf near-isogenic lines with different genetic backgrounds under two fertilizer conditions

| Varieties and lines | Fertilizer <sup>1)</sup> conditions | Heading dates | Culm length | Panicle length | Internode length |      |      |     |     | Number of Panicle |
|---------------------|-------------------------------------|---------------|-------------|----------------|------------------|------|------|-----|-----|-------------------|
|                     |                                     |               |             |                | 1st              | 2nd  | 3rd  | 4th | 5th |                   |
|                     |                                     | Aug.          | cm          | cm             | cm               | cm   | cm   | cm  | cm  |                   |
| Norin 29            | Standard                            | 22            | 70.8        | 20.3           | 35.7             | 16.2 | 11.0 | 6.3 | 1.3 | 7.9               |
|                     | Heavy                               | 24            | 79.5        | 19.3           | 35.3             | 17.7 | 13.0 | 9.8 | 3.3 | 10.6              |
| SC-TN1              | Standard                            | 23            | 55.8        | 19.0           | 31.1             | 12.6 | 7.0  | 3.7 | 0.4 | 9.1               |
|                     | Heavy                               | 24            | 57.6        | 17.7           | 29.6             | 13.0 | 7.7  | 5.6 | 0.9 | 11.1              |
| Taichung 65         | Standard                            | 15            | 83.2        | 20.0           | 42.0             | 19.2 | 13.2 | 6.5 | 1.8 | 5.9               |
|                     | Heavy                               | 17            | 88.6        | 20.2           | 42.3             | 21.6 | 15.5 | 5.2 | 1.0 | 9.3               |
| Taichung 65-sd1     | Standard                            | 17            | 52.7        | 18.3           | 27.6             | 12.6 | 7.9  | 3.8 | 0.4 | 6.8               |
|                     | Heavy                               | 18            | 56.4        | 19.0           | 28.4             | 14.2 | 8.6  | 4.0 | 0.6 | 10.0              |
| Calrose             | Standard                            | 19            | 86.5        | 21.8           | 42.2             | 19.1 | 16.5 | 7.1 | 0.9 | 6.1               |
|                     | Heavy                               | 18            | 93.4        | 22.1           | 42.1             | 20.4 | 20.2 | 8.3 | 1.7 | 12.1              |
| Calrose 76          | Standard                            | 21            | 74.6        | 21.1           | 38.6             | 16.3 | 12.6 | 6.0 | 0.5 | 6.9               |
|                     | Heavy                               | 20            | 77.6        | 22.3           | 38.8             | 17.3 | 14.2 | 6.1 | 1.1 | 9.0               |
| Fujiminori          | Standard                            | 5             | 68.4        | 20.0           | 35.9             | 19.5 | 8.1  | 4.4 | 0.1 | 5.1               |
|                     | Heavy                               | 5             | 77.1        | 22.0           | 39.4             | 20.8 | 9.9  | 5.6 | 0.5 | 8.4               |
| Reimei              | Standard                            | 6             | 60.6        | 19.3           | 30.2             | 16.8 | 8.3  | 4.3 | 0.1 | 6.4               |
|                     | Heavy                               | 5             | 66.5        | 21.0           | 33.9             | 17.9 | 9.0  | 4.6 | 0.1 | 8.5               |
| Fukey 71            | Standard                            | 6             | 39.9        | 19.6           | 24.6             | 8.6  | 5.1  | 0.9 | 0.0 | 8.0               |
|                     | Heavy                               | 6             | 42.2        | 21.7           | 25.0             | 9.7  | 5.9  | 1.0 | 0.0 | 9.1               |
| Koshihikari         | Standard                            | 17            | 77.6        | 19.8           | 35.6             | 17.6 | 14.3 | 7.0 | 2.6 | 6.8               |
|                     | Heavy                               | 16            | 82.1        | 20.0           | 35.8             | 18.5 | 15.8 | 8.1 | 3.5 | 9.6               |
| Hokuriku 100        | Standard                            | 15            | 62.9        | 17.7           | 30.6             | 14.4 | 12.1 | 4.4 | 1.0 | 7.4               |
|                     | Heavy                               | 16            | 66.5        | 18.3           | 30.8             | 15.5 | 13.0 | 5.4 | 1.2 | 9.9               |
| L.S.D.              | (1%)                                | 19            | 3.5         | 1.4            | 2.1              | 1.5  | 1.9  | 1.9 | 1.4 | 5.8               |
|                     | (5%)                                | 15            | 2.7         | 1.2            | 1.6              | 1.1  | 1.5  | 1.5 | 1.0 | 4.4               |

1) Standard : N, P, K 7Kg/10a, respectively. Heavy : N, P, K 14Kg/10a, respectively.

Table 3-3. Analysis of variance for stem characters under two fertilizer conditions

| Source of variations | df  | Heading date | Culm length | Panicle length | Mean square value |            |            |            |           | Number of Panicles |
|----------------------|-----|--------------|-------------|----------------|-------------------|------------|------------|------------|-----------|--------------------|
|                      |     |              |             |                | Internode length  |            |            |            |           |                    |
|                      |     |              |             |                | 1st               | 2nd        | 3rd        | 4th        | 5th       |                    |
| Varieties (V)        | 10  | 6790.08***   | 12856.51*** | 97.59***       | 1920.24***        | 738.32***  | 906.49***  | 254.36***  | 53.52***  | 52.32***           |
| Tall vs. Semidwarf   | 1   | 182.04       | 74509.51*** | 148.20***      | 10094.39***       | 4098.55*** | 3289.95*** | 1225.58*** | 224.32*** | 18.79              |
| Residual             | 9   | 7524.31***   | 6006.17***  | 91.97***       | 1012.00***        | 364.96***  | 641.67***  | 146.45***  | 34.55***  | 56.04***           |
| Fertilizer (F)       | 1   | 58.24        | 3898.21***  | 66.77***       | 75.35***          | 250.86***  | 374.71***  | 99.24***   | 29.91***  | 1347.35***         |
| Block (B)            | 2   | 153.31       | 86.68***    | 18.70***       | 61.33***          | 14.62***   | 8.29***    | 3.82       | 1.51      | 46.08*             |
| V×F                  | 10  | 34.37        | 92.05***    | 15.62***       | 35.80***          | 4.55***    | 13.04***   | 20.90***   | 7.24***   | 23.02              |
| V×B                  | 20  | 40.44        | 13.47       | 1.83***        | 4.84              | 3.50***    | 3.27       | 10.71***   | 0.83      | 23.83              |
| F×B                  | 2   | 142.02       | 329.64***   | 1.01**         | 46.57***          | 42.03***   | 27.24***   | 5.76***    | 2.30      | 8.83               |
| Error                | 614 | 283.73       | 9.48        | 1.82           | 3.39              | 1.63       | 2.77       | 2.85       | 1.34      | 25.51              |

\*,\*\* : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

Table 3-4. Reduction rate of culm length in semidwarf near-isogenic lines

| Near-isogenic lines |             | Reduction rate <sup>1)</sup> |                 |                     |                 |
|---------------------|-------------|------------------------------|-----------------|---------------------|-----------------|
| Semidwarf           | Tall        | Standard <sup>2)</sup>       |                 | Heavy <sup>2)</sup> |                 |
|                     |             | %                            |                 | %                   |                 |
| SC-TN1              | Norin 29    | 21.2                         | 3 <sup>3)</sup> | 27.5                | 3 <sup>3)</sup> |
| Taichung 65-sd1     | Taichung 65 | 36.7                         | 2               | 36.3                | 2               |
| Calrose 76          | Calrose     | 13.8                         | 5               | 16.9                | 5               |
| Reimei              | Fujiminori  | 11.4                         | 6               | 13.7                | 6               |
| Fukei 71            | Fujiminori  | 41.7                         | 1               | 45.3                | 1               |
| Hokuriku 100        | Koshihikari | 18.9                         | 4               | 19.0                | 4               |

$$1) \text{ Reduction rate(\%)} = \frac{\text{Tall line} - \text{Semidwarf line}}{\text{Tall line}} \times 100$$

2) Standard: Fertilizer level is N,P,K 7Kg/10a, respectively.

Heavy: Fertilizer level is N,P,K 14Kg/10a, respectively.

3) The reduction rates were numbered in order of their values.

Table 3-5. Total dry weight, panicle weight and harvest index of semidwarf near-isogenic lines with different genetic backgrounds under two fertilizer conditions

| Varieties and lines | Fertilizer <sup>1)</sup> conditions | Total dry weight | Panicle weight | Harvest Index |
|---------------------|-------------------------------------|------------------|----------------|---------------|
|                     |                                     | g                | g              | %             |
| Norin 29            | Standard                            | 41.6             | 19.3           | 46.5          |
|                     | Heavy                               | 56.8             | 25.7           | 45.4          |
| SC-TN1              | Standard                            | 43.6             | 21.3           | 48.8          |
|                     | Heavy                               | 48.2             | 24.0           | 49.8          |
| Taichung 65         | Standard                            | 37.6             | 13.8           | 36.6          |
|                     | Heavy                               | 53.3             | 21.8           | 40.8          |
| Taichung 65-sd1     | Standard                            | 32.7             | 12.3           | 37.7          |
|                     | Heavy                               | 45.6             | 19.1           | 41.9          |
| Calrose             | Standard                            | 37.7             | 15.2           | 40.1          |
|                     | Heavy                               | 51.1             | 21.8           | 42.5          |
| Calrose 76          | Standard                            | 39.9             | 16.4           | 41.1          |
|                     | Heavy                               | 50.3             | 21.0           | 41.6          |
| Fujiminori          | Standard                            | 32.4             | 11.4           | 35.3          |
|                     | Heavy                               | 42.6             | 15.8           | 37.7          |
| Reimei              | Standard                            | 36.9             | 12.2           | 33.1          |
|                     | Heavy                               | 46.0             | 17.9           | 39.0          |
| Fukey 71            | Standard                            | 29.8             | 11.3           | 37.3          |
|                     | Heavy                               | 35.9             | 15.6           | 43.8          |
| Koshihikari         | Standard                            | 39.3             | 16.0           | 41.0          |
|                     | Heavy                               | 56.3             | 24.5           | 43.5          |
| Hokuriku 100        | Standard                            | 36.8             | 16.6           | 45.6          |
|                     | Heavy                               | 48.3             | 23.4           | 48.4          |
| L.S.D.              | (1%)                                | 11.4             | 5.1            | 4.3           |
|                     | (5%)                                | 8.7              | 3.9            | 3.3           |

1) Standard : Fertilizer level is N, P, K 7Kg/10a, respectively.  
Heavy : Fertilizer level is N, P, K 14Kg/10a, respectively.

Table 3-6. Analysis of variance for total dry weight, panicle weight and harvest index under two fertilizer conditions

| Source of variations | df  | Mean square values |                |               |
|----------------------|-----|--------------------|----------------|---------------|
|                      |     | Total dry weight   | Panicle weight | Harvest Index |
| Varieties (V)        | 10  | 1394.71**          | 634.63**       | 10562.86**    |
| Tall vs. Semidwarf   | 1   | 2203.33**          | 140.50**       | 337.24**      |
| Residual             | 9   | 1304.86**          | 689.53**       | 1136.18**     |
| Fertilizers (F)      | 1   | 21685.76**         | 5733.45**      | 1306.39**     |
| Block (B)            | 2   | 220.38             | 2.67           | 240.98**      |
| V × F                | 10  | 228.74*            | 45.59**        | 70.86**       |
| V × B                | 20  | 196.44             | 38.74          | 30.05*        |
| F × B                | 2   | 1014.40**          | 244.94**       | 67.21**       |
| Error                | 614 | 97.51              | 19.45          | 13.99         |

\*, \*\* : Significant at 5% and 1% levels, respectively.

Table 3-7. Multiple regression analysis of the growing period, culm length and number of panicle for total dry weight

| <u>Analysis of variance for the regression</u> |            |    |             |          |  |
|--|------------|----|-------------|----------|--|
|  |            | df | Mean square | F        |  |
|  | Regression | 3  | 362.23      | 27.39*** |  |
|  | Residual   | 18 | 11.33       |          |  |

| Independent variables       | Correlation to total dry weight | Partial regression coefficient ( $\beta$ ) | Standardized partial regression coefficient | Partial correlation | F for <sup>1)</sup> test of $\beta$ |
|-----------------------------|---------------------------------|--|---|---------------------|-------------------------------------|
| Number of Panicle ( $X_1$ ) | 0.76***                         | 2.98                                       | 0.70  | 0.84                | 41.80***                            |
| Culm length ( $X_2$ )       | 0.54***                         | 0.25                                       | 0.47  | 0.73                | 20.00***                            |
| Growing period ( $X_3$ )    | 0.48***                         | 0.09                                       | 0.08  | 0.16                | 0.50                                |
| Const.                      |                                 | -0.90                                      |   |                     |                                     |

Multiple correlation = 0.91

The prediction equation is  $\bar{Y} = -0.90 + 2.98X_1 + 0.25X_2 + 0.09X_3$ .

1) F value was tested by  $F_{(3, 18)}$ .

\*\* : Significant at 1% level.

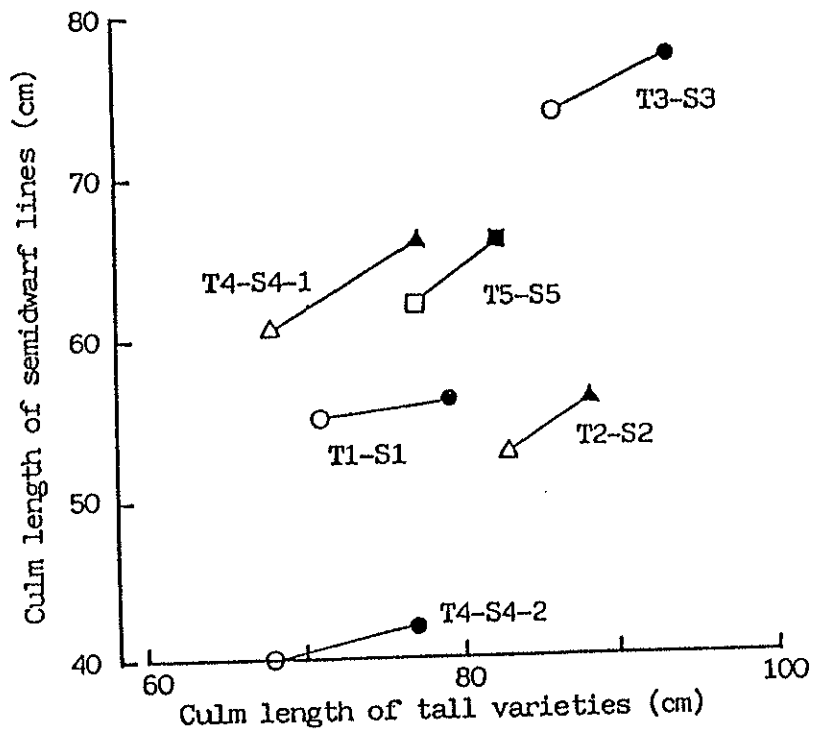


Fig. 3-1 Relationship of culm length between tall and semidwarf lines.  
 White and black symbols indicate culm lengths under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively.  
 Line No. are the same as those in Table 3-1.



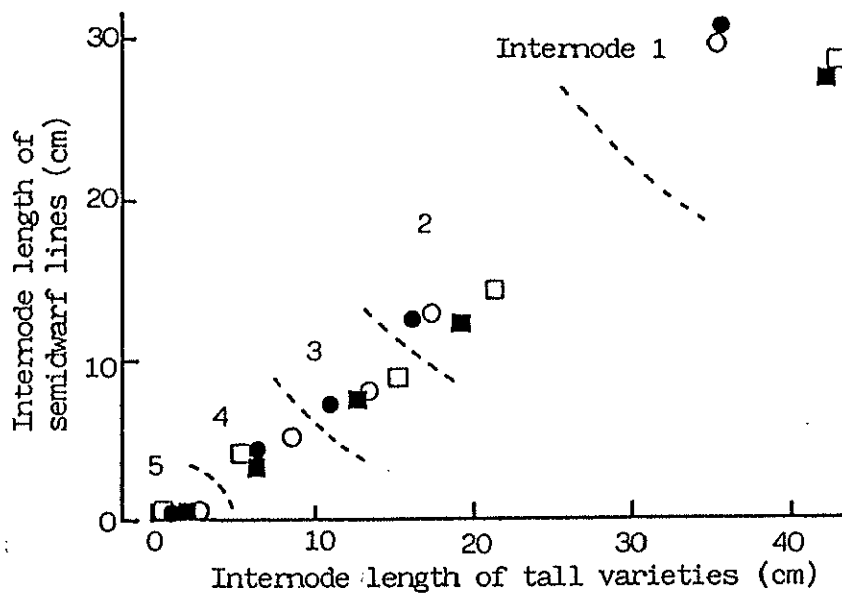


Fig. 3-2 Relationship of 5 elongated internode lengths between tall and semidwarf lines of two isogenic lines with DGWG's semidwarfing gene, sd-1.  
 ○, ●: Internode length of SC-TN1 and Norin 29 under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively.  
 □, ■: Internode length of T65-sd1 and T65 under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively.

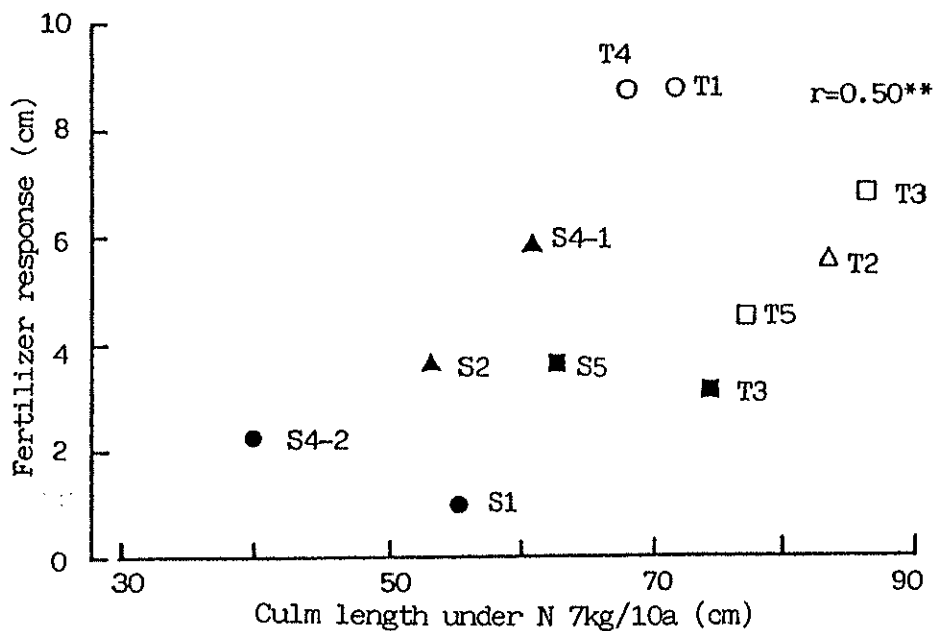


Fig. 3-3 Fertilizer responses of culm length in semidwarf near-isogenic lines.  
 Fertilizer response = culm length under N 14kg/10a - Culm length under N 7kg/10a.  
 White and black symbols indicate tall and semidwarf lines, respectively.  
 Line no. are the same as those in Table 3-1.

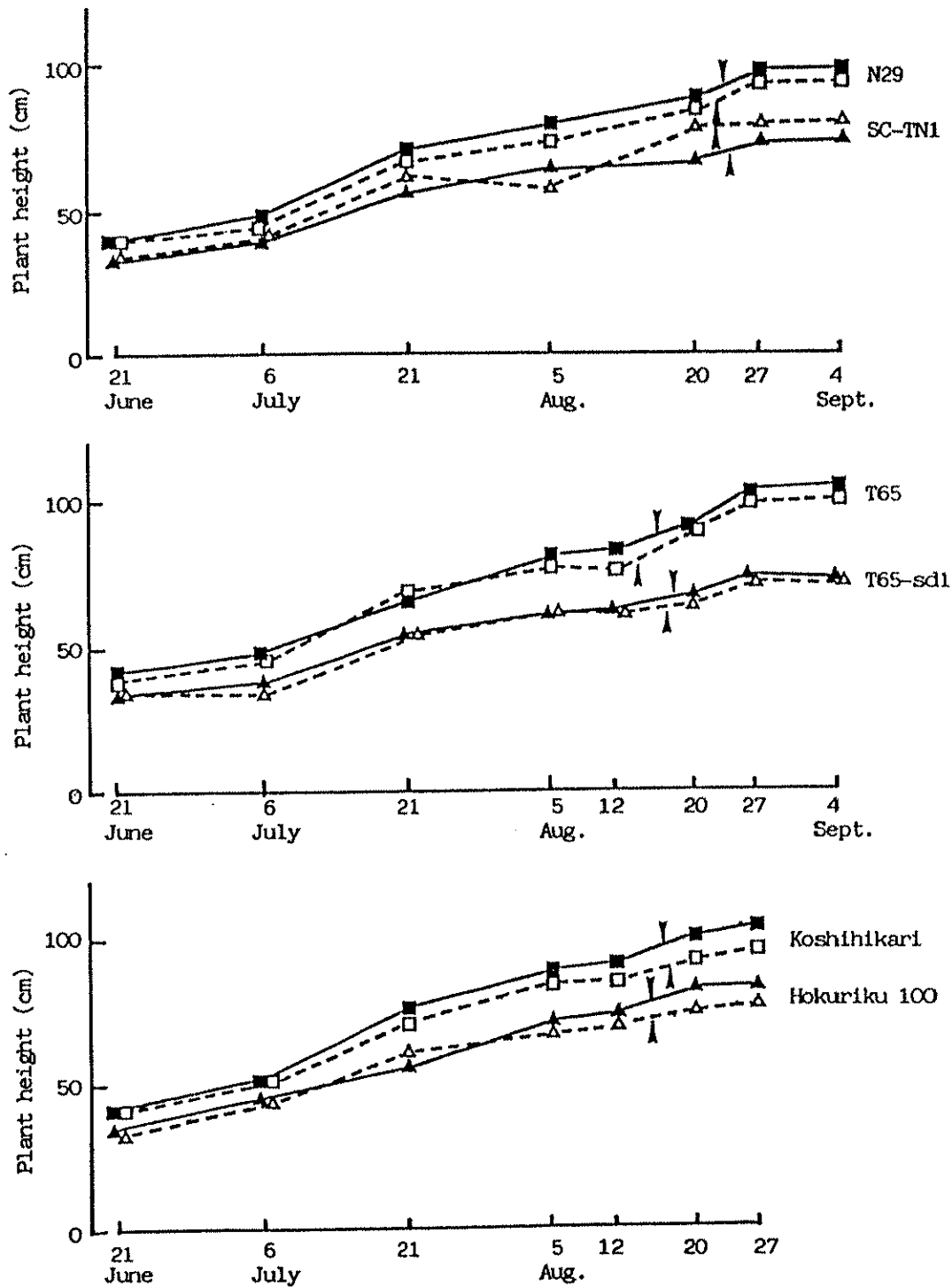


Fig. 3-4a Changes in plant height of three near-isogenic lines with genetic backgrounds of Norin 29(N29), Taichung 65(T65) and Koshihikari under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate the plant height under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Arrows represent the heading date.

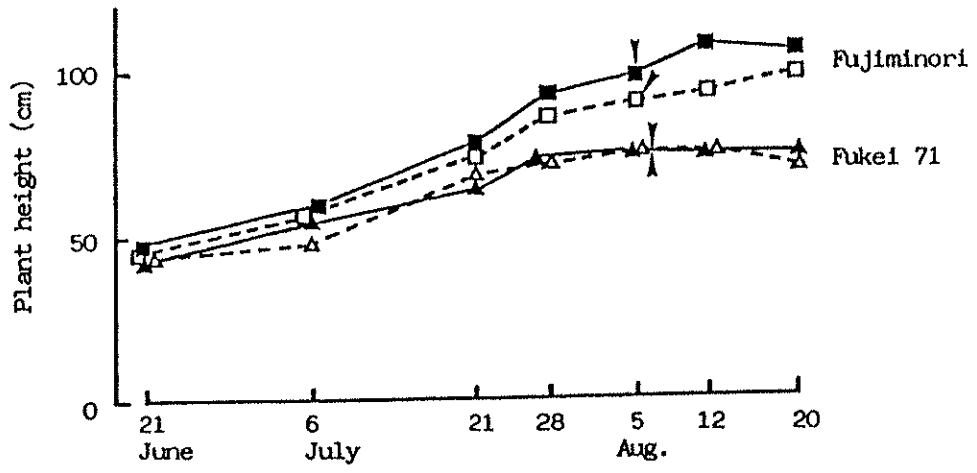
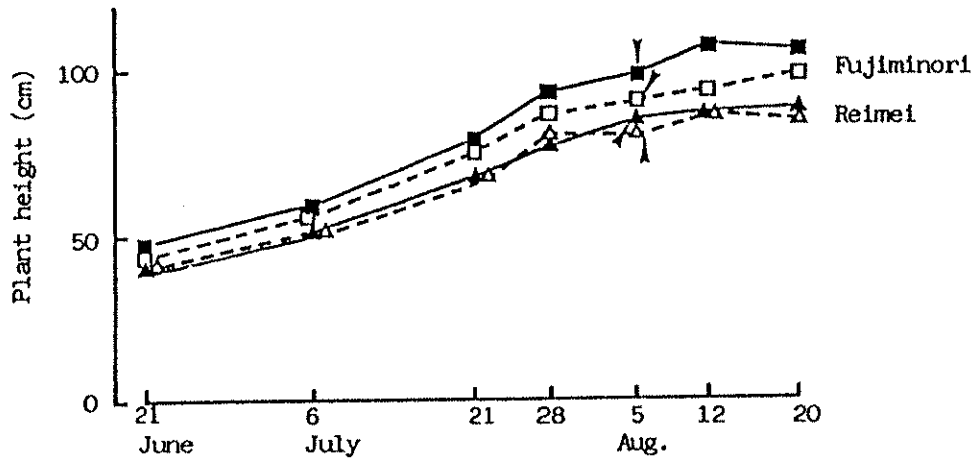
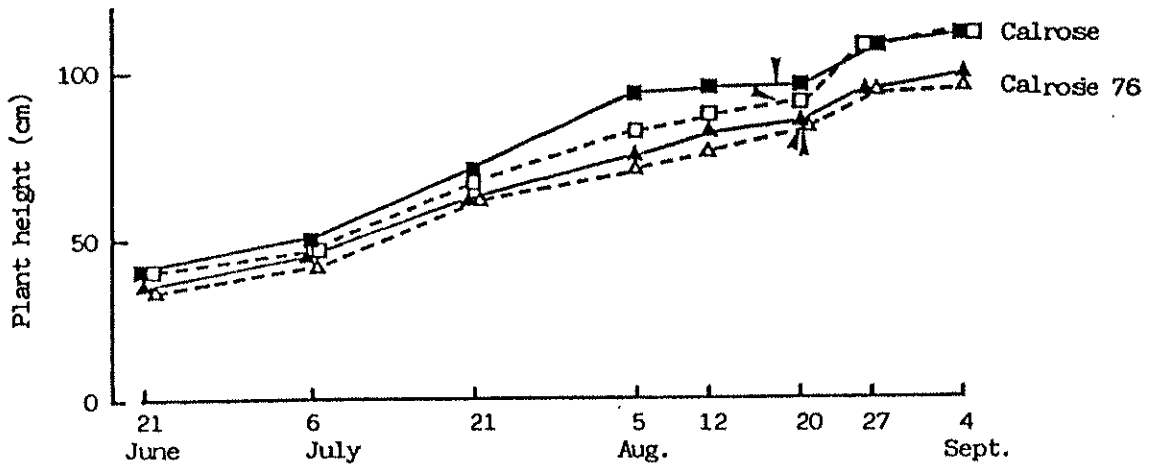


Fig. 3-4b Changes in plant height of three near-isogenic lines with genetic backgrounds of Calrose and Fujiminori under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate plant height under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Arrows represent the heading date.

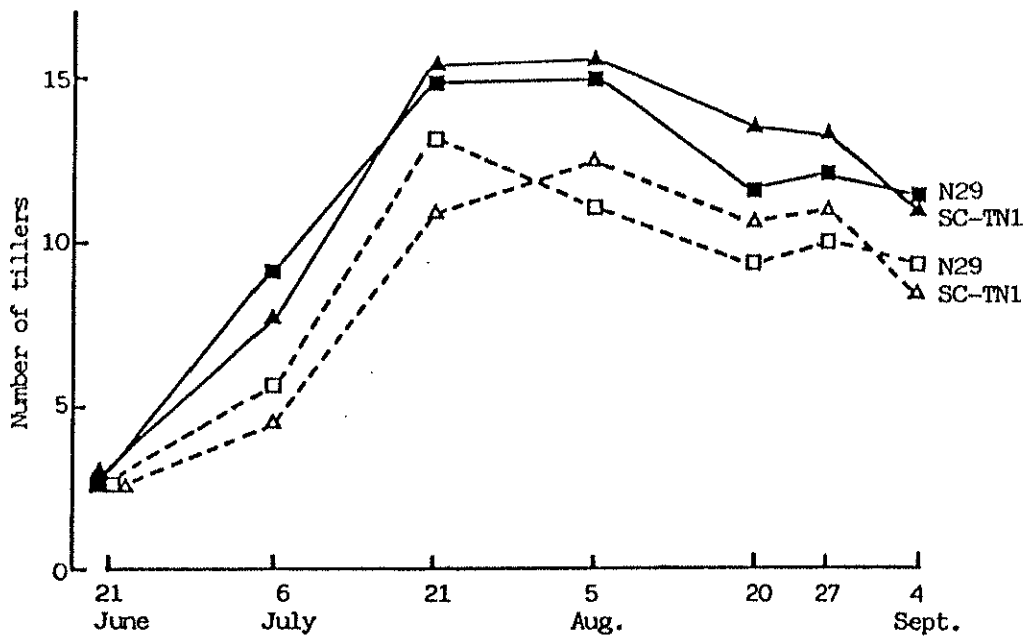
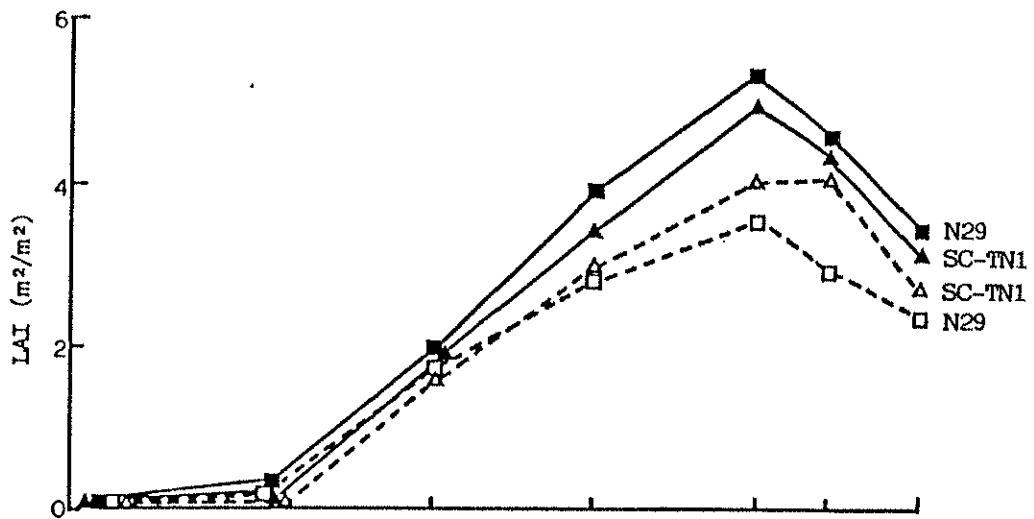


Fig. 3-5 LAI and number of tillers per plant in Norin 29(N29) and its semidwarf near-isogenic line SC-TN1 under two fertilizer conditions.

Squares and triangles represent N29 and SC-TN1, respectively. White and black symbols indicate LAI and number of tillers under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively.

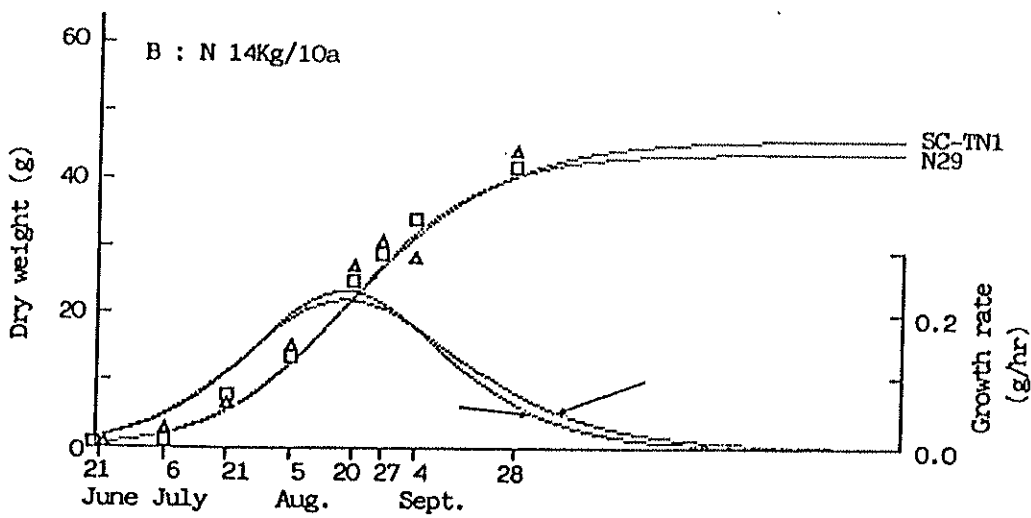
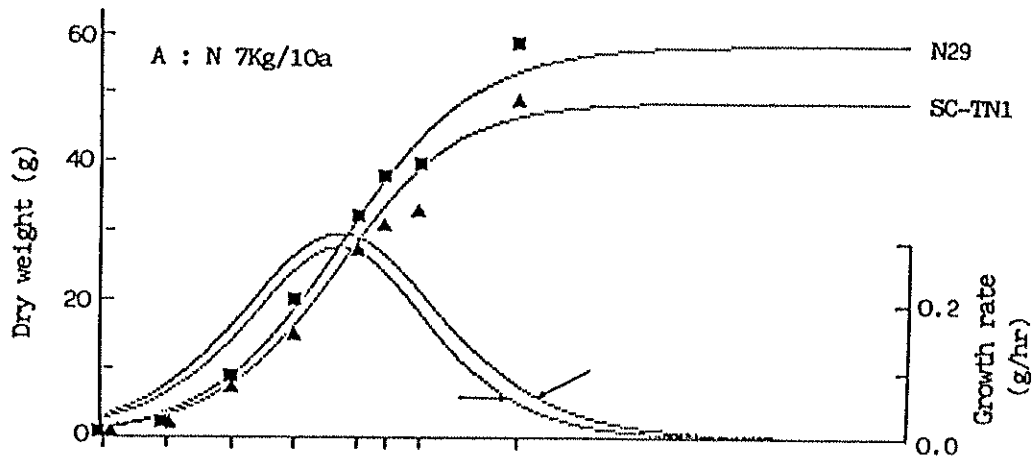


Fig. 3-6 Growth curves and growth rate of total top dry weight of Norin 29(N29) and its semidwarf near-isogenic line SC-TN1 under two fertilizer conditions. Arrows indicate the heading date.

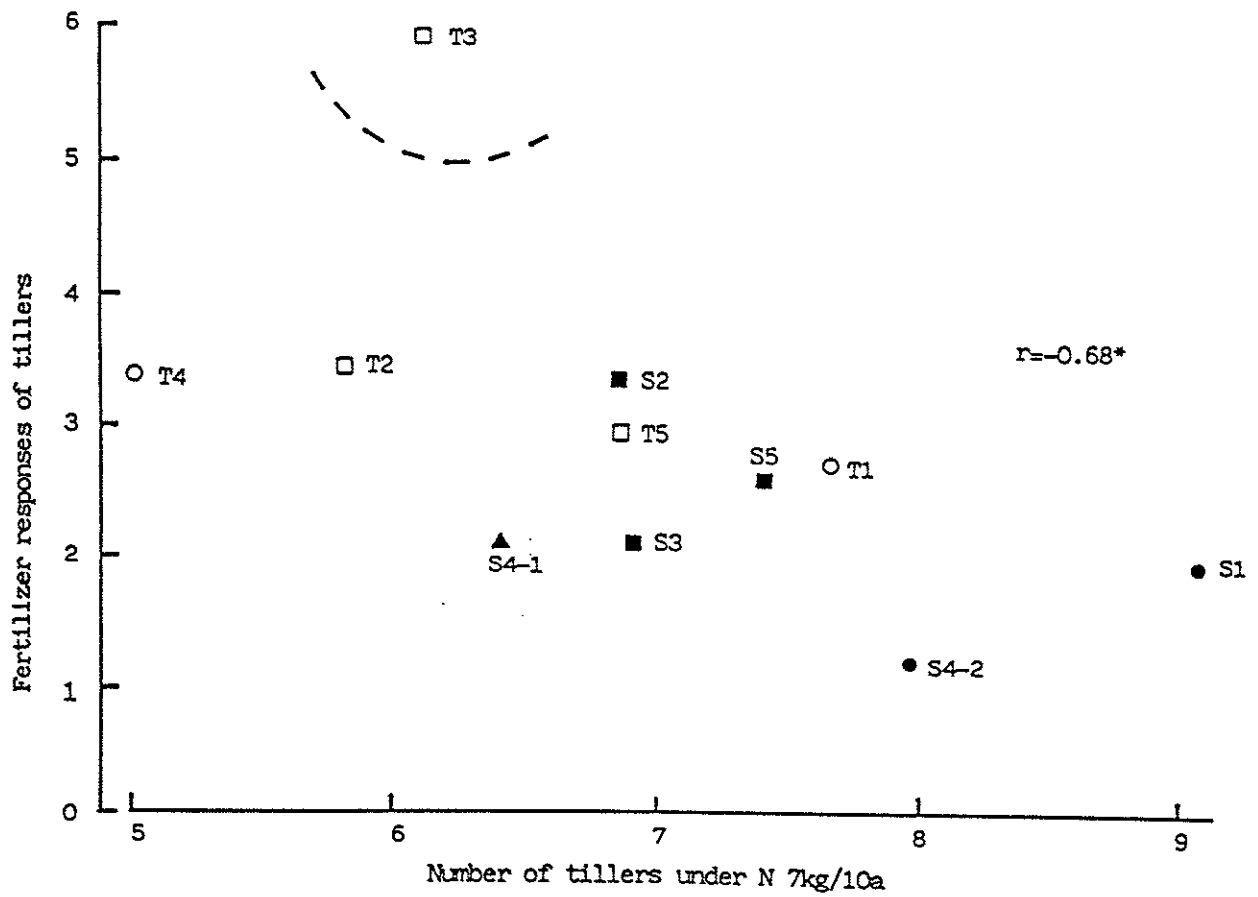


Fig. 3-7 Fertilizer responses on number of tillers in semidwarf near-isogenic lines.  
 Fertilizer response = Number of tillers under N 14kg/10a - Number of tillers under N 7kg/10a. Line no. are the same as those in Table 3-1.

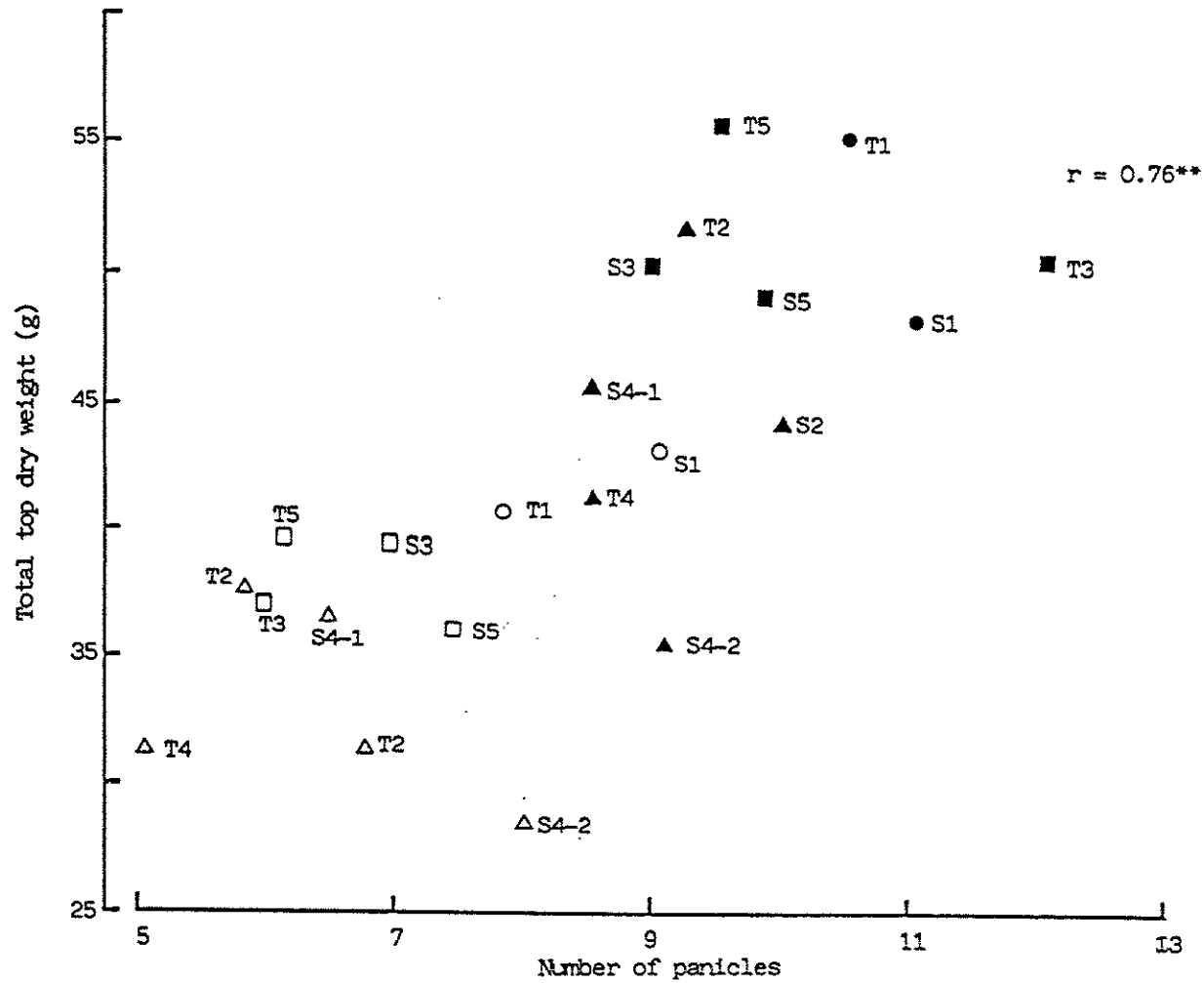


Fig. 3-8 Relationship between total top dry weight and number of panicles in semidwarf near-isogenic lines under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.



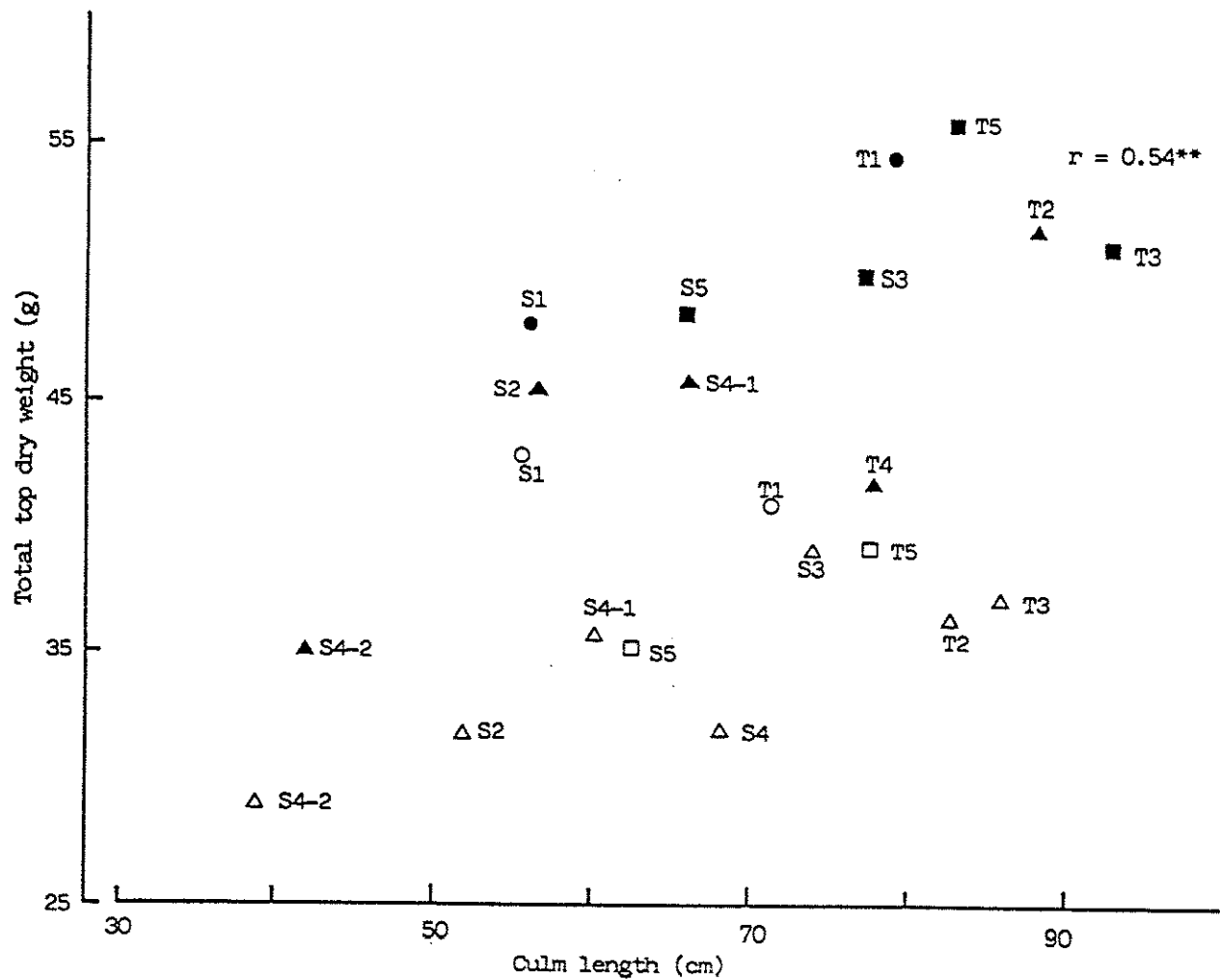


Fig. 3-9 Relationship between total top dry weight and culm length in semidwarf near-isogenic lines under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.

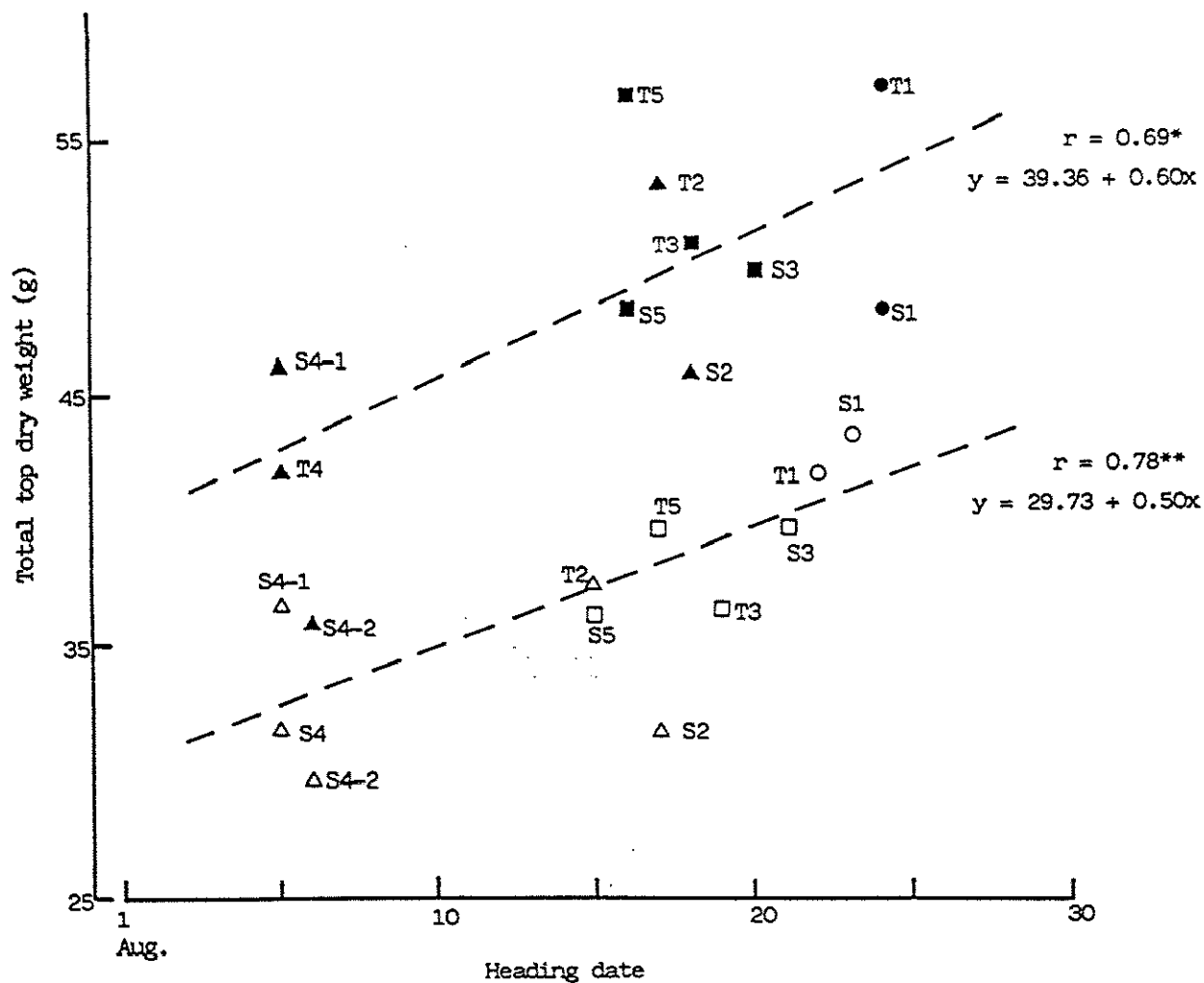


Fig. 3-10 Relationship between total top dry weight and heading date in semidwarf near-isogenic lines under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.

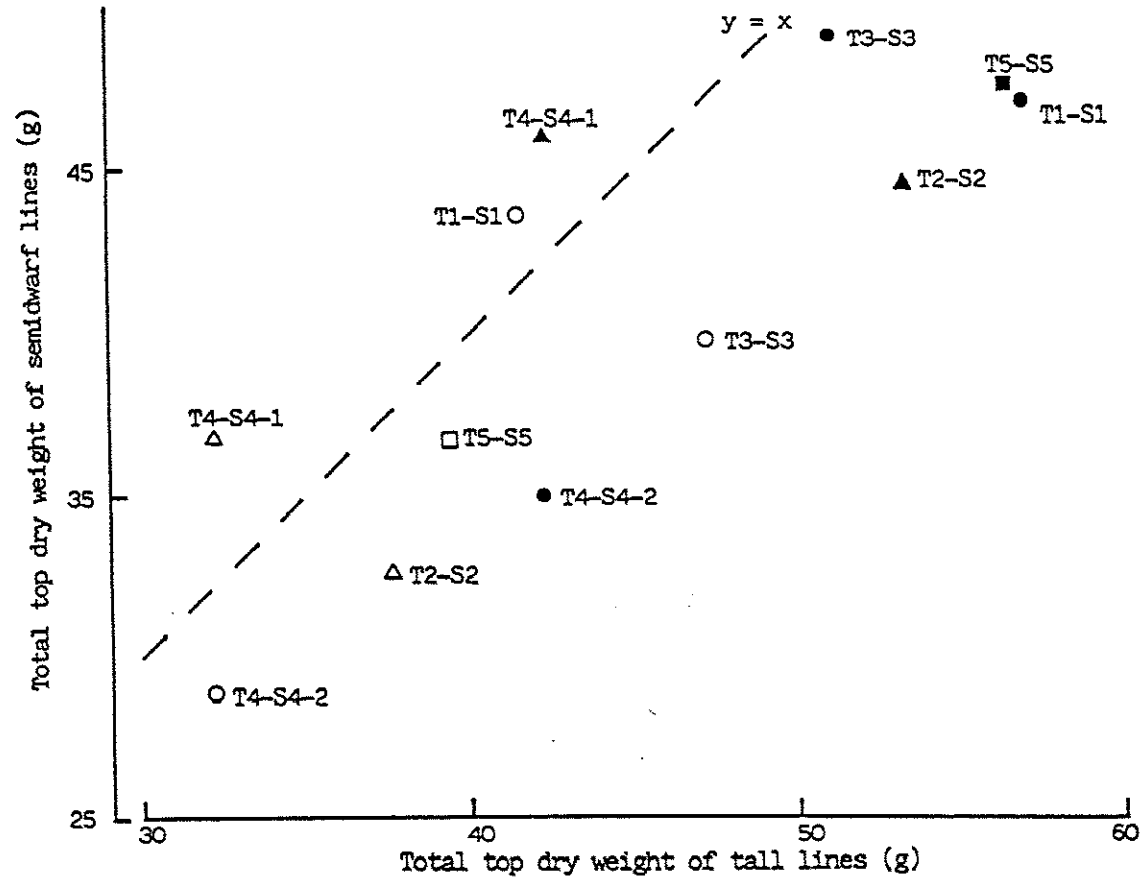


Fig. 3-11 Association of total top dry weight between a pair of near-isogenic lines.  
 White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.

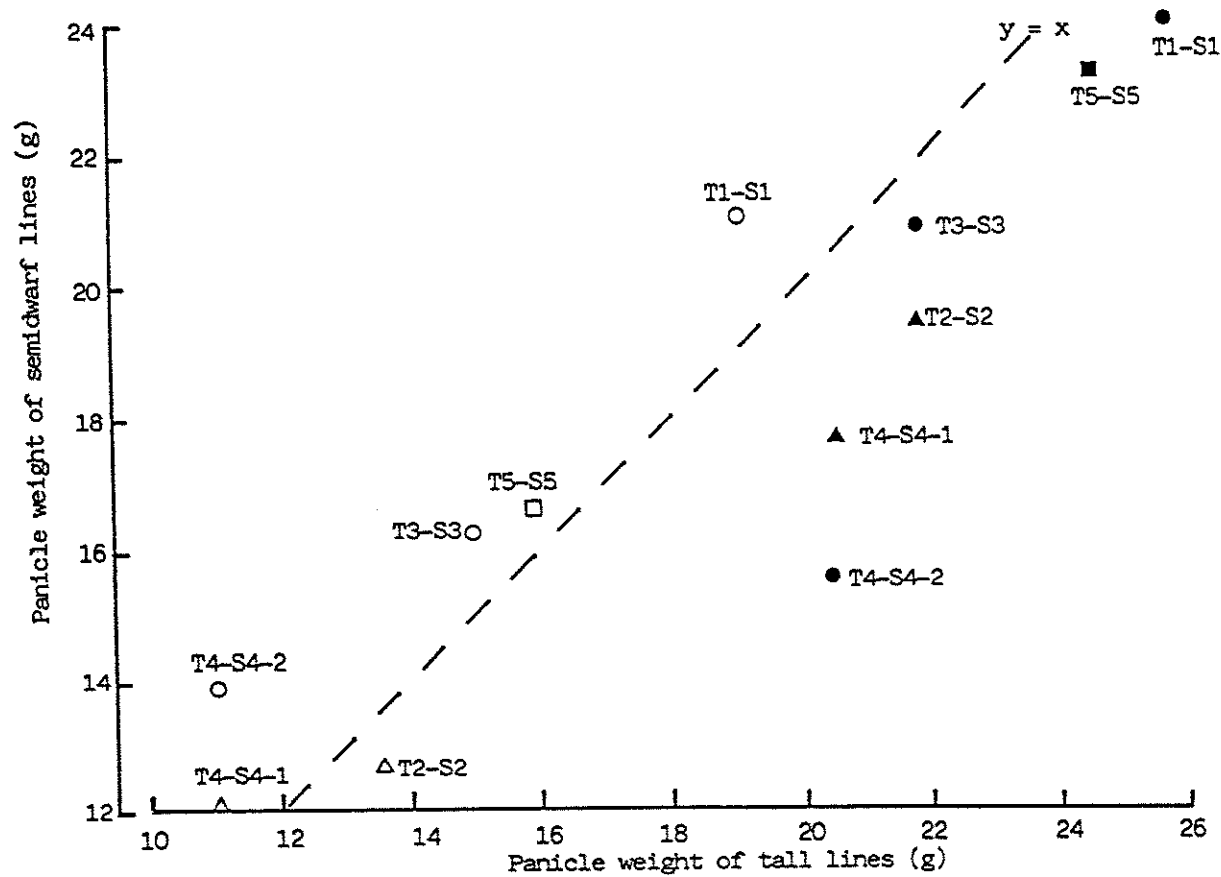


Fig. 3-12 Association of panicle weight between a pair of near-isogenic lines. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.

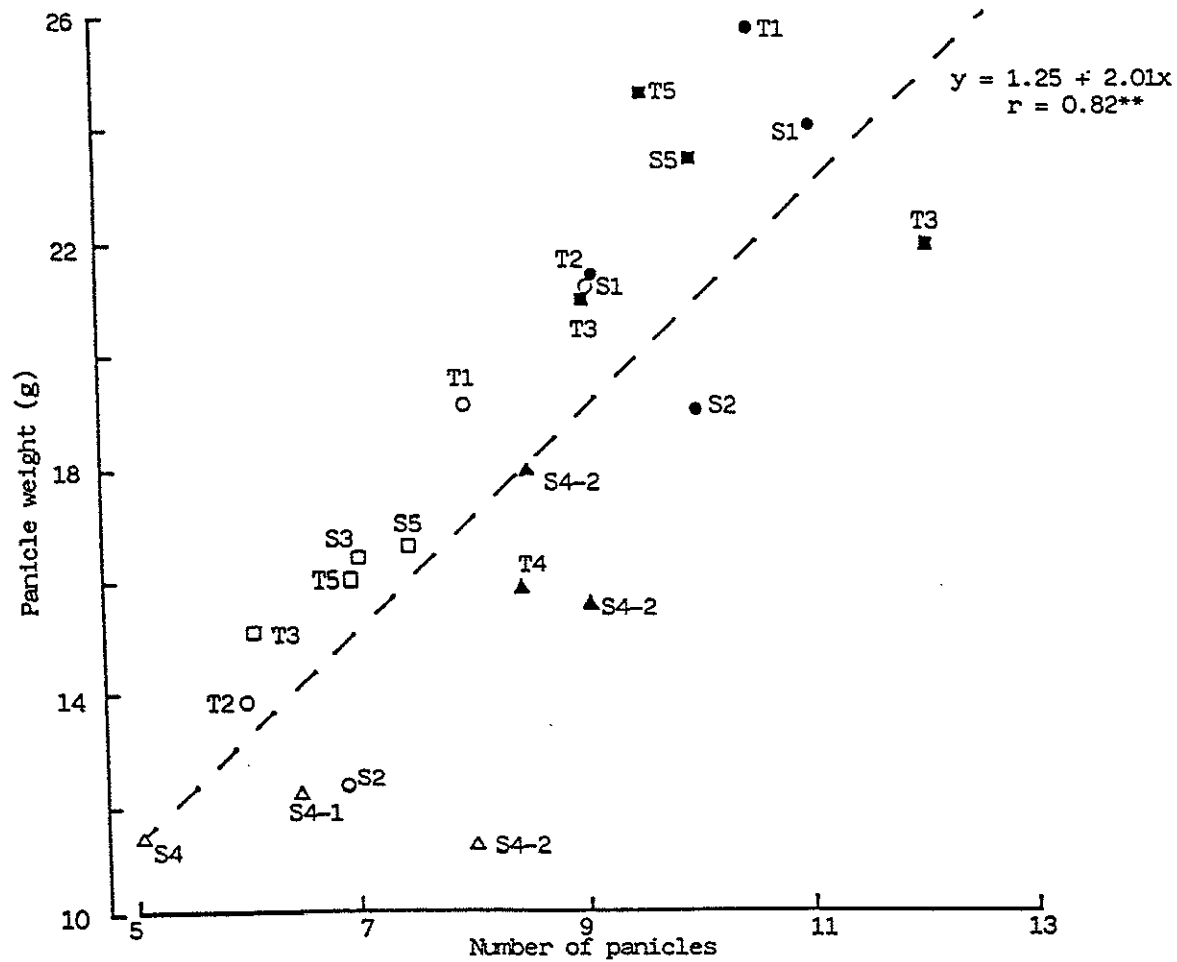


Fig. 3-13 Relationship between panicle weight and number of panicles in near-isogenic lines under two fertilizer conditions. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.

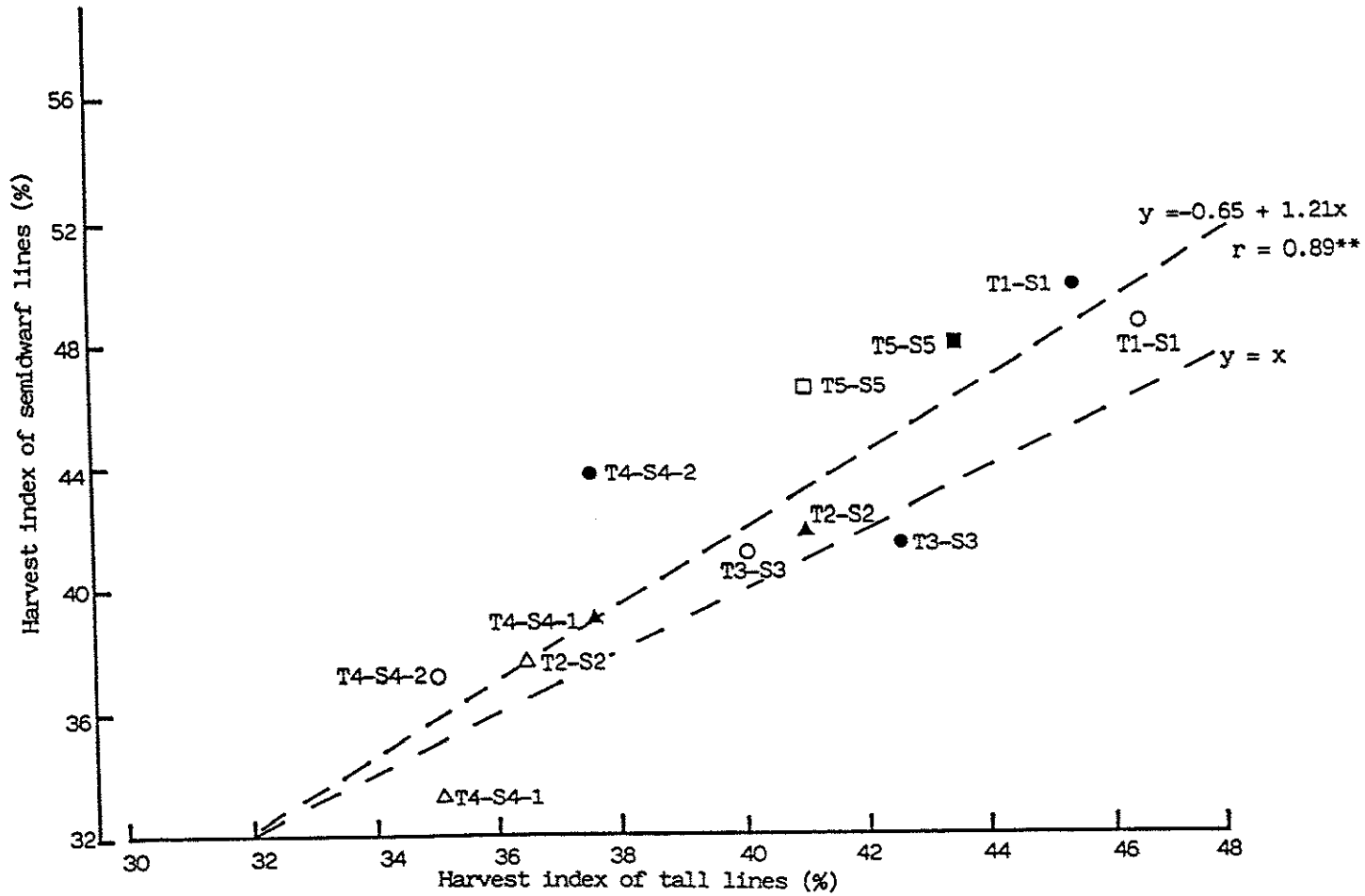


Fig. 3-14 Association of harvest index between a pair of near-isogenic lines. White and black symbols indicate the plants under N 7kg/10a and 14kg/10a, respectively. Line no. are the same as those in Table 3-1.