水稻の分けつに関する研究*

第1報 分けつ増加の体型

八柳三郎・昆野昭晨・工藤 一

(農林省東北農業試験場)

Studies on tillering in paddy rice. 1. Increase system of tillers.

S. YATSUYANAGI, S. KONNO and H. KUDO

緒 言

水稻の分けつについては、既に多くの研究者によつて種々な観点から研究されているが、特に片山教授のそれは基盤をなすものと認められる。著者等は、水稻湛水直播研究の一部として、昭和24年に移植と湛水直播との生育を比較した結果、分けつ増加の基本体型を知り得たので報告する。

本研究の遂行に当り、当時の盛永場長並びに河田支場長から、こんな切な指導と万般の便宜とを与えられたことに対して厚く感謝の意を表する。

材 料 と 方 法

陸羽132号を材料とし、湛水直播区(A)、6月9日移植区(B)、6月19日移植区(C)の3区を設け、コンクリート畦畔で区劃された9×165尺の水田4圃を用い、1.2×0.4尺、1株1本立(1本植)とし、直播区の基肥は移植区の苗代肥料を加算した外は當場標準耕種法によつた。調査個体数は1区40株である。

主稈はコリオブテル節を第1節、第1本葉節を第2節とし、分けつ茎では第1節即ちプロフィル節をp、次の節を第2節とし、以下夫々の数字で示す。而して、節位は()で囲み、その節から出た分けつ茎は同じ番号を[]で囲む。例えば、主稈第2節は(2)で、この節から出た第1次分けつは[2]であり、この[2]上の第1節、即ちプロフィル節は(2p)であり、(2p)から出た第2次分けつは[2p]で、[2p]上の第3節は(2p3)、これから出た第3次分けつは[2p3]である。

直播区と移植区との分けつ出現上の一般的差異 出穂約30日前までの分けつ出現成績は第1表の通りである。直播区は主稈第2節から分けつを始めるが、移植区では第2、3、4節等の下位節は休眠する場合が大部分である。これに反して、主稈からの分けつが直播区では第9節で終るが、移植区では第9節からの出現率が遙かに高く、更に第10節から出現している。また、直播区では分けつ茎上のプロフィル節から分けつが出ないが、移植B区では6p節の15%が分けつを出している。しかし、移植区は株全体として分けつ出現期がおくると共に、後次分けつが少く、総分けつ数が減少する。これは、苗代環境及び移植の影響による下位節の分けつ力の低下、分けつ出現期の遅延、遅延に伴う後次分けつ出現の制限等に因るものであろう。

次に、第1次分けつは、直播区では主稈の節位順に出現しているが、移植B区では第4、5節が、同C区では第5、6節が逆順になっている。これらの乱れは、移植期がこれら分けつの準備期に当たるため、ある節が活動阻止的影響を特に強く受けるためであらう。

主稈上の節と分けつ茎上の節との対応関係 水稻では、主稈第2節から最初の分けつが出ることを普通とするが、この節は栽培環境その他によつて移動する。また、分けつ茎では移植栽培の場合の如くプロフィル節から出る事もあり、直播栽培の如く第2節から始めて出る事を普通とする場合もある。而して、分けつ発生上主稈上の節と各次分けつ上の節との間に対応関係が成立する。

仮に、主稈は第2節、分けつ茎で第1節から初分けつを出し、以後各節から分けつするとせば、主稈の各節に対する第1次分けつ茎の対応節は次の如くなる。即ち、主稈第2節(2)は最初の分けつ節であるから対

* 昭和24年12月24日 第85回講演会に於て発表

日本作物学会紀事 第20巻 第1~2号

応節はない。第3節(3)に対する対応節は(2)から出た分けつ茎〔2〕の第1節、即ちプロフィル節(2p)1節、第4節(4)は〔2〕の第2節(22)及び〔3〕の第1節(3p)の2節、同様に、第5節(5)は(23), (32), (4p)の3節、第6節(6)は(24), (33), (42), (5p)の4節、第7節(7)は(25), (34), (43), (51), (6p)の5節が対応節である。今、Yをある主稈節に対する対応節数、nを主稈節の番号、n'を主稈第1節からn節までの節数、分けつ次位をI, II, III等で表わせば、主稈のある節に対する第1次分けつ茎上の対応節数 Y_{nI} は $n'-2$ となる。従つて、主稈上の初分けつが第3節から出る時は $n'-3$ 、第4節の場合は $n'-4$ となる。即ち n' から初分けつ出現節までの節数を減じたものとなり、これを m とせば、一般式は $Y_{nI}=m$ となる。

次に主稈節に対する第2次分けつ茎上の対応節は主稈第2節から初分けつが出る場合は主稈第2, 3両節に対する対応節はなく、第4節(4)に対して始めて第1次分けつ茎〔2p〕のプロフィル節(2pp)1節がある。

(5)に対しては(2p2), (22p), (3pp)の3節、(6)に対して(2p3), (222), (23p), (3p2), (32p), (4pp)の6節が対応節である。かくして(7)に対して10節、(8)に15節、(9)に21節が対応節である。一般式は $Y_{nII} = \frac{m(m-1)}{2}$ で表わされる。同様に主稈各節に対する第3次分けつ茎上の対応節は

$Y_{nIII} = \frac{m(m-1)(m-2)}{6}$ で表わされる。従つて、ある主稈節に対する各次分けつ茎上の対応節の総和は

$Y_n = Y_{nI} + Y_{nII} + Y_{nIII} + \dots$ 即ち $Y_n = m + \frac{m(m-1)}{2} + \frac{m(m-1)(m-2)}{6} + \dots$ となる。

対応節の分けつ発生力 対応節中にも生理的優劣の差があり、原則的には主稈上の節、第1次分けつ上の節、第2次分けつ上の節の順に生理的優位の関係がある。また、同次分けつ茎上の対応節の生理的優劣は母茎の節位順となる。たゞ不完全葉を着生するプロフィル節は他の完全葉を着生する節よりも劣位にある。而して生理的劣位にある節の分けつはその出現がおくれ且つ弱い傾向にあり、極端な場合は出現しない。例えば、第1表の直播区の主稈第7節に対する対応節中第1次分けつ茎上で(25), (34), (43), (52)の4節、第2次分けつ茎で(223)の1節が分けつし、これら各節の分けつ出現迄日数は第1次分けつ〔7〕は61.6で、第2次分けつ〔25〕,〔34〕,〔43〕,〔53〕の64.0乃至69.1より早く、また、第2次分けつは第3次分けつ〔223〕の71.0より早い。同次分けつ中の比較では第2次分けつ〔25〕と〔34〕との間及び〔43〕と〔52〕の間には差が認められないが、前両者は61.0内外で後両者の69.0より早い。以上の如く、対応節中でもその節が属する分けつ茎の次位及び母茎からの出現節位による生理的優劣の差があるため、第2次分けつ茎上のある節からの分けつ茎上のある節からの分けつ出現期が第1次分けつ茎上の1節後位の節からの分けつ出現期と殆ど等しくなる場合が多く、更に或は1節後位の節からの分けつよりも若干おくれる場合さえある。例えば直播区の(7)との対応節の第2次分けつ茎上の(223)の第3次分けつ〔223〕は71.0で、1節後位に属する(8)との対応節の第1次分けつ〔9〕の74.0と殆ど等しい。更に〔7〕との対応節から出た〔52〕は69.1で、1節後位の〔8〕の66.5より却つておそい。また、プロフィル節は前述の通り生理的劣位にあるため休眠する事が多く、ことに直播区では休眠する。而して、生育が進み稲の栄養生長が充実し、一方自然環境が短日となり生殖生長への転換期に入ると上述の対応節間の順位的な関係が少なくなり、その順位に余り関係なくある節からのみ分けつし、その出現期も順位的でなく殆ど同時となる。例えば、主稈第9節の対応節は分けつを出さぬプロフィル節を除いて第1次分けつ茎上では(27), (36), (45), (54), (63), (72)の6節、第2次分けつ茎上で(225), (234), (243), (252), (324), (333), (342), (423), (432), (522)の10節で、第1表の結果を見ると、主稈第9節の分けつ出現迄日数は74.0であり、第1次分けつ茎上の対応節6節のそれは、75.5, 75.2, 74.7, 74.9, 75.6, 75.3で殆ど同時である。第2次分けつ茎上の10節の対応節中(243), (252), (333)の3節だけが分けつしその出現日数は76.0, 75.5, 74.7で第1次分けつ茎上の節からの分けつと殆ど同時である。

分けつ増加の基本的体型 仮に各対応節から分けつするとせば、主稈上のある節に対する第1次分けつ茎上の対応節から出る第2次分けつ数は第1次分けつ茎上の対応節数(Y_{nI})と等しく、第3次分けつ数は(Y_{nII})と、第4次分けつ数は(Y_{nIII})と等しくなる。即ち分けつ数(T)は $T_{nI}=Y_{nI}$, $T_{nII}=Y_{nII}$, $T_{nIV}=Y_{nIII}$ ……となり、その総和は主稈節からの第1次分けつ1本を合せて、 $T_n=1+Y_{nI}+Y_{nII}+Y_{nIII}+\dots$

第1表 節位別分けつ出現まで日数及び分けつ出現率

Table 1. Number of days from sowing to appearing of tillers and percentage of appearing of tillers.

分けつ出現節位 Tillering node No.			播種から分けつ出現までの日数 Number of days from sowing to appearing of tillers			分けつ出現率(%) Percentage of appearing of tillers		
第1次 分けつ 1st- order tiller	第2次 分けつ 2nd- order tiller	第3次 分けつ 3rd- order tiller	直 播 Direct-sown	移 植 Transplanted on		直 播 Direct- sown	移 植 Transplanted on	
				9/VI	19/VI		9/VI	19/VI
2			30.6±1.082	38.0±6.875	32.8	97.5	10.0	12.8
3			41.8±0.989		40.7	97.5		10.3
4	22		49.9±1.270 52.0±2.196	57.2±1.295	41.5	85.0 37.5	37.5	23.1
5	23 32		54.2±0.765 57.4±0.712 58.8±1.294	56.4±0.542	61.3±0.690	85.0 77.5 17.5	90.0	35.9
6	24 33 42		59.5±0.318 60.2±0.767 60.3±0.781 61.8	58.1±0.330	60.7±0.328	95.0 92.5 52.5 20.0	97.5	97.4
7	25 34 43 52 6p	223	61.6±0.422 64.4±0.996 64.0±0.767 68.7±0.626 69.1±2.907 71.0	61.8±0.373 72.0±1.484 67.6±0.891 69.2±1.395	63.7±0.330 71.4±0.405	97.5 90.0 85.0 57.5 22.5 12.5	100.0 15.0 87.5 15.0	100.0 23.1
8	26 35 44 53 62	233 242	66.5±0.934 71.8±0.908 70.8±0.833 71.2±1.224 72.1±0.932 74.1±1.306 73.2 72.6	66.8±1.950 72.5±1.591 72.2±0.449 71.0±0.244	68.7±0.724 74.5±0.530 72.0±0.327	100.0 87.5 80.0 65.0 50.0 27.5 32.5 37.5	97.5 12.5 87.5 95.0	100.0 33.3 100.0
9	27 36 45 54 63 72	243 252 333 522	74.0±0.696 75.5±1.239 75.2±0.781 74.7±1.655 74.9±1.014 75.6±1.848 75.3±1.052 76.0 75.5 74.7	72.2±0.272 74.7±0.552 74.2±0.421 73.8±0.423 77.7±3.795	73.0±1.189 76.0±0.340 75.5±0.479	67.5 32.5 52.5 30.0 40.0 22.5 47.5 32.5 15.0 17.5	97.5 70.0 80.0 87.5 7.5	100.0 97.4 94.9
10	64 73 82			77.2±0.845 79.0±1.263 77.8±0.668 78.5±1.196	77.6±1.983 79.5±1.703 77.5±0.835		80.0 25.0 52.5 32.5	36.4 35.9 41.0

即ち $T_n = 1 + m + \frac{m(m-1)}{2} + \frac{m(m-1)(m-2)}{6} + \dots$ となる。

いま分けつが第3次まで出、第4次分けつが出ない場合は $T_n = 1 + m + \frac{m(m-1)}{2} + \frac{m(m-1)(m-2)}{6}$ となり、 T_n は $m=1$ の場合には $1+1+0=2$, $m=2$ で $1+2+1=4$, $m=3$ で $1+3+3=7$, $m=4$ で $1+4+6=11$, $m=5$ で $1+5+10=16$ 等となり、その総和 $T = 1+2+4+7+11+16+\dots$ となる。

次に、分けつ増加を次位別に見れば、第1次分けつは $T_n = 1+1+1+\dots$ であり、第2次分けつは m の累積で、 m の実数は1で始まり主稈節がそれより上位になるにつれて1ずつ加わる訳で、第2次分けつの増加は $T_n = 1+2+3+4+\dots$ となる。第3次分けつは $\frac{m(m-1)}{2}$ の累積で、 $m=2$ で始めて1の実数が現われ、 $m=3$ の場合は3, $m=4$ で6, $m=5$ で10, $m=6$ で15となり、 $T_{III} = 1+3+6+10+15+\dots$ となる。而して、対応節を合せて合計したものゝ分けつを第3次までと仮定した場合の上記の分けつ増加式と等しくなる。

即ち

$$\begin{aligned} T_I &= 1+1+1+1+1+1+\dots \\ T_{II} &= 1+2+3+4+5+\dots \\ T_{III} &= 1+3+6+10+\dots \\ T &= 1+2+4+7+11+16+\dots \end{aligned}$$

しかし既述の如く対応節間に生理的優劣があり、また分けつ発生力は栽培環境の支配を受けると共に既発分けつ数の影響をも受けるので実際は全部の節から分けつする訳でない。また、かかる影響に対する反応は品種によって異なるべき事も当然考えられる。従つて、分けつ増加式は理論上の基本公式である。

分けつ増加の基本式と実験結果との比較 いま直播区の次位別分けつ増加曲線を前述の理論曲線に比較すると第1図の通りである。理論曲線は主稈第2節から初分けつが出るものとし、各増加期日は主稈及び各次分けつ茎の対応節の分けつ出現期の総平均によつた。この図で明かな如く、第1次分けつは両曲線の差が極めて少

Fig. 1. Increasing curve of tillers in direct-sowing culture.

Fig. 2. Increasing curve of tillers in the culture by transplanting on June 9.

い。これは第1次分けつが節位の上昇に伴つて1茎づつの増加で分けつ増加を乱す因子の影響が少いからである。第2, 3次分けつは初めの間は両

曲線が近似して平行するが、節位が上昇するにつれて対応節数の増加が著しくなり且つ対応節間の生理的優劣及び環境の影響が大きくなるため実数と理論数との差が次第に拡大され両曲線の開きが大きくなる。

次に6月9日移植区の次位別増加曲線を主稈第4節から初分けつが出るとして両曲線を比較せば第2図の通りである。この場合は第1図の直播区の場合よりも両曲線の一致程度が高い。これは移植は直播に比較して主稈の分けつ節位が上昇し且つ分けつ始期が季節的におくれ分けつ茎上の対応節数がある程度制限される事が主要な原因である。即ちこの場合の苗代日数は35日、活着に14日を要し(抜取調査の結果による)、播種後約50日間は殆ど分けつの出現なく、直播区の初分けつが播種30日後であるに比較して著しくおそい。また、第3次分けつを発生すべき第2次分けつ茎上の対応6節は主稈第6節に至つて始めて(4pp)の1節、第7節で(4p2), (42p), (5pp)の3節に過ぎない。しかもこれらの節はプロファイル節からの分けつであるので生理的に極めて劣位にある。ために第1, 2次分けつの数に比して第3次分けつの数が著しく制限される。本実験では40個体中大部分が主稈第10節まで第1次分けつを出したにも拘らず、第3次分けつは主稈第9節の対応節(522)からのもの3茎あつたに過ぎない。

これを要するに、移植では後次分けつの出現が著しく制限されそのため第1, 2次分けつ出現を乱す悪影響が緩和され前記直播の場合よりも理論曲線と実数曲線との一致程度が高いものと思われる。

Summary

The authors made an experimental study on tillering in paddy rice under the cultural conditions of direct sowing and transplanting. With variety Rikuu 132, cultures by both of these methods were practiced in 1947. Sowings were done on May 5. Transplantings were made on June 9 in one plot and on June 19 in another. Each plant was given a space of 1.2×0.4 shaku either in direct-sown or in transplanted plot. The numbers used for investigations per plot were 40.

In the direct-sown culture the first tiller appeared quite usually from the 2nd node (the 1st normal-leaf node) on main stem, while in the transplanted one some lower nodes remained dormant in most cases and the first tiller appeared usually from the 4th or 5th node. Moreover, in the former, tillers appeared quite regularly in order from the lowest one to the succeeding upper ones, while in the latter, such regularity was not the case with some lower ones. In the former, however, the last tiller on main stem was that from the 9th node, while in the latter the 10th node shoot it. Lateral tillers in the transplanted culture were apparently less in number than in the direct-sown culture.

Tillers appearing from a main stem are named 1st-order tillers, those from a 1st-order tiller are named 2nd-order tillers, and so on. A node on main stem and certain nodes on tillers bear mutually a corresponding relation regarding their loci. When the 1st tiller appears from the 2nd node on main stem (node 2), the node 2 has no corresponding node. Corresponding relations of upper nodes on main stem with nodes on 1st-order tillers are: Node 3 (3rd node on main stem) with 1 node, 2p (the 1st or prophyll node on the tiller from node 2); node 4 with 2 nodes, 22 and 3p; node 5 with 3 nodes, 23, 32 and 4p; node 6 with 4 nodes, 24, 33, 42 and 5p; node 7 with 5 nodes, 25, 34, 43, 52 and 6p; and so on. When Y = number of corresponding nodes on tillers, n = the node number of a given node on main stem, n' = number of nodes from 1st node to n -node, and loman figure I shows 1st-order tillers, then Y_{nI} is $n'-2$ in this case. In a case where the 1st tiller is from the 3rd node on main stem, Y_{nI} is $n'-3$; and in a case where the 1st tiller is from the 4th node, Y_{nI} is $n'-4$; and so on. So, the number of corresponding nodes on tillers is presented by a formula $Y_{nI} = m$, where $m = n'$ - number of nodes from 1st node to 1st-tiller node on main stem.

Corresponding relations of nodes on main stem with those on 2nd-order tillers are: When the 1st tiller appears from node 2, neither node 2 nor node 3 has corresponding node. Node 4 corresponds with 1 node, 2pp; node 5 with 3 nodes, 2p2, 22p and 3pp; and node 6 with 6 nodes, 2p3, 222, 23p, 3p2, 32p and 4pp. Thus, node 7 corresponds with 10 nodes, node 8 with 15 nodes, node 9 with 21 nodes, and so on. The general formula is $Y_{nII} = \frac{m(m-1)}{2}$. Similarly, the number of corresponding nodes on 3rd-order tillers is presented by a formula $Y_{nIII} = \frac{m(m-1)(m-2)}{6}$.

Consequently, the total number of nodes on tillers of all orders corresponding with a given node on main stem is: $Y_n = Y_{nI} + Y_{nII} + Y_{nIII} + \dots$ or $Y_n = m + \frac{m(m-1)}{2} + \frac{m(m-1)(m-2)}{6} + \dots$.

Among the nodes belonging to the same group regarding corresponding relation, there is a difference in their physiological activities giving a phenomenon that new tillers from the nodes on later-order tillers as well as from those on upper tillers of the same order are apt to appear later and to be weaker. However, in spite of the fact that the prophyll node is the 1st node on a tiller, it bears in a few cases merely a comparatively weaker tiller. In the present experiment, tillers from prophyll nodes appeared rarely in the transplanted culture.

but none was in the direct-sown culture. The phenomenon of tillering caused by the difference of physiological activities among nodes is quite regular in the young stage of plant. It is, however, disturbed when the natural day-length becomes short and the plant enters into generative growth. Then the plant becomes to give no more new tillers, and at last some late and weak tillers die out.

If it is assumed that each corresponding node shoots a tiller, the number of 2nd-order tillers that are shooted from the nodes on 1st-order tillers corresponding with a given node on main stem is equal to Y_{NI} . Similarly, the number of 3rd-order tillers is equal to Y_{NII} , that of 4th-order tillers is equal to Y_{NIH} , and so on. In other words, when T shows number of tillers, $T_{NII}=Y_{NI}$, $T_{NIH}=Y_{NII}$, $T_{NIV}=Y_{NIH}$, and so on. T_{NI} is 1, of course. Then, the total number of tillers from the nodes belonging to the same group regarding corresponding relation is: $T_n=1+Y_{NI}+Y_{NII}+Y_{NIH}+\dots$ or $T_n=1+m+\frac{m(m-1)}{2}+\frac{m(m-1)(m-2)}{6}+\dots$. Accordingly, the increase system of tillers on a plant is an accumulative addition of T_n . For example, it is here assumed that 1st-, 2nd- and 3rd-order tillers appears exclusively as in the usual cases. Then the formula is simplified as $T_n=1+m+\frac{m(m-1)}{2}$, and T_n is $1+1+0=2$ when $m=1$, $1+2+1=4$ when $m=2$, $1+3+3=7$ when $m=3$, $1+4+6=11$ when $m=4$, $1+5+10=16$ when $m=5$, and so on. These numbers of tillers are in order accumulated to the one 1st tiller on main stem, thus, $T_n=1+2+4+7+11+16+\dots$.

The increase system of tillers of different orders are as follows: The increase of 1st-order tillers is accumulation of 1, that of 2nd-order tillers is accumulation of m , that of 3rd-order tillers is accumulation of $\frac{m(m-1)}{2}$, and so on; i.e., $T_I=1+1+1+1+\dots$, $T_{II}=1+2+3+4+\dots$, $T_{III}=1+3+6+10+15+\dots$, and so on.

Practically, however, it is a matter of course that all of these nodes do not always shoot tillers. As mentioned above, not only there is a difference of physiological activities among corresponding nodes, but the capacity of increasing tillers is different by varieties and influenced by cultural conditions as well as by the number of tillers already in existence.

Theoretical increases of tillers and practical results in the direct-sown culture in 1947 are shown comparatively by curves in Fig. 1, where each date when tillers increase in the theoretical curves is taken by the average shooting date of all the tillers from the nodes belonging to the same group regarding corresponding relation. In 2nd- and 3rd-order tillers, practical increases become smaller than the theoretical ones with conspicuousness towards later tillers, because the activity of late tillers to shoot new tillers is practically decreased being influenced by their physiological inferiority and by the seasonal circumstance unfavorable for vegetative growth.

The theoretical and practical increases of tillers in the transplanted culture are presented in Fig. 2 by the manner as in Fig. 1. In this case, each couple of curves shows a better agreement than in the case of Fig. 1. The better agreement is deemed to be caused by the fact that, in the culture of this method, shooting of lateral tillers is restricted strongly and the disturbing influences for appearing 1st- and 2nd-order tillers are fairly lightened.