九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

土壌各層間の肥料の分布と陸稲の成育

高山, 卓爾
九州帝國大學農學部作物學教室

丸山, 吉雄
九州帝國大學農學部作物學教室

https://doi.org/10.15017/20856

出版情報：九州帝國大學農學部學藝雜誌. 5 (4), pp.403-434, 1933-09. 九州帝國大學農學部
バージョン：
権利関係：

土壌各層間の肥料の分布と陸稻の成育[1)]

高　山　卓　爾

丸　山　吉　雄

（昭和八年七月七日受理）

緒　　言

茲に報告せんとする所のものは，土壌狀態の如何に應じて植物の根は如何に發達し如何に作用し，之に因りて地上部の成育は如何に影響せられ如何なる收穫を擧ぐるかに就ての研究の一部である。卽ち土壌の通氣及び水濕狀態は之を適當に且各層一樣に保ち，各層間の養分の分布狀態のみを種々にして，之に陸稻を栽培し，其の成育狀態，殊に收量構成の因子たる分蘖，穗花數，其の稔實步合及び種實充實の良否等をば根の發達及び作用との關係に於て研究したものである。

實　驗　方　法

亞鉛引鐵板製の圓筒の直徑 25 cm., 深さ 20 及び 30 cm. のもの夫々二個，合計四個を積み重ねて深さ 1 m. の圓筒となし，之に殆ど有機質を含まざる埴土と砂土とを適度に混合せるものを塡充した。圓筒の繼目の所で全體を上より 20, 20, 30 及び 30 cm. の四層に區分し，各層には二個づつの LIVINGSTON 式の素燒製圓錐形の自働灌水器を裝置した。灌水器の貯水槽の水位を各層の上面より 45 cm. の下に置き，之により土壌の含水量をその乾燥量に對して約 15 %に保つた。各層の間及び土壌の表面にはパラフインの薄い層を作り，之により植物の根は自由に通過しても，各層の間に水及び養分の交通なく，且土面蒸發をもなからしめ，以て植物の蒸散量及び之を補給すべく根が土壌の各層より吸收する水分量を灌水器の貯水槽の減量で測定した。肥料は硫酸アムモニア，過燐酸石灰及び硫酸カリを以て三要素の量を各々次表の如くにして施した。但全部原肥として，土壌の塡充に先だち，各層の土壌によく混和して施用したものである。

---

1) 九州帝國大學農學部作物學教室業績 第 46 號

試驗區＼土壤の層（厚さcm.）	第一層 (20)	第二層 (20)	第三層 (30)	第四層 (30)	計
A	3	0	0	0	3.0
B	3	3	0	0	6.0
C	3	3	4.5	4.5	15.0
D	6	0	0	0	6.0
E	5.25	5.25	0	0	10.5
F	10.5	0	0	0	10.5

單位：段當貫

卽ちCは反當15貫の三要素を全層に亘りて均一に分施せるもの，DはBと同量を全部表層に，EはCの第三層迄のものと同量のものを第一及び第二の兩層に均一に分施し，而してFはEと同量を全部第一層に施したものである。尙此の外に上層より各層に3, 3, 4.5, 0の割合で施した一區があつたが，中途で故障が起つたので，止むを得ず除外した。

全裝置を天井の高い硝子室の窓側に列べ，昭和六年六月二十九日鹿兒島縣農事試驗場より得たる陸稻"霧島第一號"の種子三粒を播下し，發芽後間引きて，各圓筒一本の植物を成育せしめた。

實驗成績及び考察

地上部の成育及び收量

地上部の成育及び收量に關する調査成績の概要を第一乃至第三表に揭げる。

成育狀態の概要。

昭和六年の夏は七月に降雨多く低溫なりし點で平年とは大分趣を異にしてゐた。一般に稻の成育は之が爲に著しく影響せられ，普通の年の分蘖期たる七月に分蘖するもの寧ろ少くして，八月が却て分蘖期たる觀を呈した。本實驗の陸稻も第二表及び次に示すが如く七月中旬に分蘖を開始したが，七月中の分蘖は甚だ少く，八月上中旬が分蘖最盛期で，晩きは九月にも及び，更に晩く高位節より分蘖したものもあつた。而して後に詳述するが如く分蘖は主として表層の肥料によつて決定せられ，第二層以下の肥料は殆ど其の影響を分蘖の上に現はさなかつた。分蘖增加の模樣は次の如くであつた（第二表參照）。

第一表

收量

Table I. Yields.

試驗區（肥料の分布狀態）Plat. Distribution of fertilizers among different soil layers.		穗數 No. of ears.	一穗當蕚花數 No. of spikelets per ear.	一株の粒數 No. of grains. 稔實粒 (N) Ripe grain	粃 Unripe grain.	計 Total	稔實步合 Ratio of fertility. (%)	藁收量 Wt. of straw. (gm.)	總收量 (T) Wt. of whole plant. (gm.)	稔實粒收量 Wt. of hulled grains. (gm.)	玄米收量 (G) Wt. of unhulled grains. (gm.)	玄米千粒重 Wt. of 1000 unhulled grains. 完玄全米 Perfect grain. (gm.)	G/N×1000 (gm.)	玄米對總收量比 G/T (%)
A (3,0,0,0)	1	14	100.0	1263	138	1401	90.3	30.35	67.80	33.93	26.37	23.22	20.70	38.8
	2	9	153.2	1233	145	1378	89.5	27.85	61.75	31.23	23.74	22.22	19.26	38.4
B (3,3,0,0)	1	12	131.8	1466	119	1585	92.6	31.25	73.30	38.90	30.14	23.56	20.56	41.1
	2	14	123.9	1640		1737	94.5	35.65	81.65	42.60	32.58	22.50	19.85	39.9
C (3,3,4.5,4.5)	1	13	136.1	1641	129	1770	92.7	35.75	84.60	45.58	36.45	23.70	22.21	43.1
	2	14	139.7	1854	103	1957	94.8	36.25	89.45	50.18	40.11	23.68	21.65	45.0
D (6,0,0,0)	1	12	150.0	1645	158	1803	91.1	33.75	78.50	41.35	32.21	21.98	19.60	41.0
	2	14	144.3	1868	152	2020	92.5	40.35	89.05	44.97	34.37	20.94	18.39	38.5
E (5.25,5.25,0,0)	1	14	130.0	1706	116	1822	93.6	45.80	92.72	43.17	33.90	21.28	19.85	36.5
	2	15	145.5	2022	159	2181	92.7	37.80	92.00	50.78	40.12	21.90	19.83	43.6
F (10.5,0,0,0)	1	16	140.5	2126	125	2251	94.5	42.95	99.60	52.58	41.17	21.20	19.38	41.3
	2	13	177.1	2171	134	2305	94.2	43.20	101.25	53.93	42.17	21.56	18.27	41.6

第二表 分蘖

Table II. Tillering.

試驗區 Plat.	分蘖次 Order of tiller.	主稈 Main stem.	分蘖 Tiller. 第一期 1st. Period. (18/VII—28/VII)	第二期 2nd. Period. (31/VII—8/VIII)	第三期 3rd. Period. (10/VIII—15/VIII)	第四期 4th. Period. (20/VIII—)	小計 Total	高節分蘖位 T. from higher node.	無效 Tiller without ear.	穗數 No. of Ears.
1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4,	3, 5, 6,	7, 8,	—	6	—	—	6
	2nd.	—	—	43, 44,	53, 34, 54,	35, 63,	7	—	—	7
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**1**	**5**	**5**	**2**	**13**	**0**	**0**	**14**
A (3,0,0,0)										
2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4, 3,	6,	5,	—	4	—	—	4
	2nd.	—	—	43, 34, 44,	45,	33,	5	—	1	4
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**2**	**4**	**2**	**1**	**9**	**0**	**1**	**9**
1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4, 3,	5, 6,	7,	—	5	—	—	5
	2nd.	—	—	43, 44,	33, 45, 54,	34,	6	—	—	6
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**2**	**4**	**4**	**1**	**11**	**0**	**0**	**12**
B (3,3,0,0)										

2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4,	5, 6, 3,	8, 7,	—	6	—	—	5
	2nd.	—	—	43, 44,	45, 33,	?	5	1	1	6
	3rd.	—	—	—	443, 433,	—	2	—	—	2
	Total	**1**	**1**	**5**	**6**	**1**	**13**	**1**	**1**	**14**
1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4,	6, 5, 3,	7,	—	5	1	—	6
	2nd.	—	—	43,	44,	63, 45, 64,	5	—	—	5
	3rd.	—	—	—	—	433,	1	—	—	1
	Total	**1**	**1**	**4**	**2**	**4**	**11**	**1**	**0**	**13**
C (3,3, 4.5, 4.5)										
2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	4,	3, 5, 6,	7,	—	5	1	—	6
	2nd.	—	—	43, 44,	33, 34, 45, 53,	54,	7	—	—	7
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**1**	**5**	**5**	**1**	**12**	**1**	**0**	**14**
1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	5, 6,	7,	—	5	—	—	5
	2nd.	—	—	43, 34, 44,	53,	63, ?,	6	—	—	6
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**2**	**5**	**2**	**2**	**11**	**0**	**0**	**12**
D (6,0,0,0)										
2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	5, 6,	7,	—	5	—	—	5
	2nd.	—	—	33, 43, 34, 44, 35,	52,	—	6	—	—	6
	3rd.	—	—	—	453, 343,	—	2	—	—	2
	Total	**1**	**2**	**7**	**4**	**0**	**13**	**0**	**0**	**14**

1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	6, 5,	7,	8,	6	—	—	6
	2nd.	—	—	33,43,34,44,35,	45,	?, ?,	8	—	1	7
	3rd.	—	—	—	—	?,	1	—	1	0
	Total	**1**	**2**	**7**	**2**	**4**	**16**	**0**	**2**	**14**
E (5.25, 5.25, 0.0)										
2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	5, 6,	—	—	4	—	—	4
	2nd.	—	—	43, 44,	33,34,35,45,	53,	7	2	—	9
	3rd.	—	—	—	—	443,	1	—	—	1
	Total	**1**	**2**	**4**	**4**	**2**	**12**	**2**	**0**	**15**
1	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	5, 2, 6,	—	7,	6	—	—	6
	2nd.	—	—	43,33,44,34,	45, 63,	53,	7	—	—	7
	3rd.	—	—	—	—	433, 443,	2	—	—	2
	Total	**1**	**2**	**7**	**2**	**4**	**15**	**0**	**0**	**16**
F (10.5, 0,0,0)										
2	0	1	—	—	—	—	—	—	—	1
	1st.	—	3, 4,	5, 6, 7,	8,	—	6	—	—	6
	2nd.	—	—	43,33,44,34,	45, 54,	—	6	—	—	6
	3rd.	—	—	—	—	—	0	—	—	0
	Total	**1**	**2**	**7**	**3**	**—**	**12**	**0**	**0**	**13**

第 一 期　自七月十八日
　　至同二十八日

表層に肥料の多施されたD，E及びFの三區に於ては主稈の第三及び第四の兩節より分蘖してゐるのに對し，肥料の少きA，B及びCの三區に於ては概ね第四節のみより分蘖し，時に第三節に蘖子を生ぜるものあるも，それは第四節のものより晩れて發生した。

第 二 期　自七月三十一日
　　至八月八日

前期との間に明なる休止期を挾んで此の期に入る。表層に肥料多き區に於ては主稈の第五及び第六の兩節，時に第七節よりも第一次の蘖子を生ずと共に，前期に形成された二本の第一次蘖子より夫々二本の第二次蘖子を出し，合計六，七本の蘖子を形成した。之に對して表層に肥料少き區に於ては第一次の蘖子が第三，第五及び第六の三節より出てゐるが，第二次のものは前期に形成された第四節の蘖子より二本發生してゐるのみで，從て其の合計も四本を普通としてゐる。

第 三 期　自八月十日
　　至同十五日

第二期との間に僅かな休止期がある樣でもあるが，第二期と通じて分蘖最盛期と見る方が寧ろ適當であるかも知れない。表層に肥料多き區に於ては概ね一本の第一次分蘖をなすと共に，一，二本の第二次，稀に第三次のものをも加へて，合計二本乃至四本の蘖子を增加したのに對し，第二期に少く分蘖した表層に肥料少き區に於ては一，二本の第一次に三，四本の第二及び第三次のものを加へて前者に比し寧ろ多く四，五本の蘖子を發生してゐる。

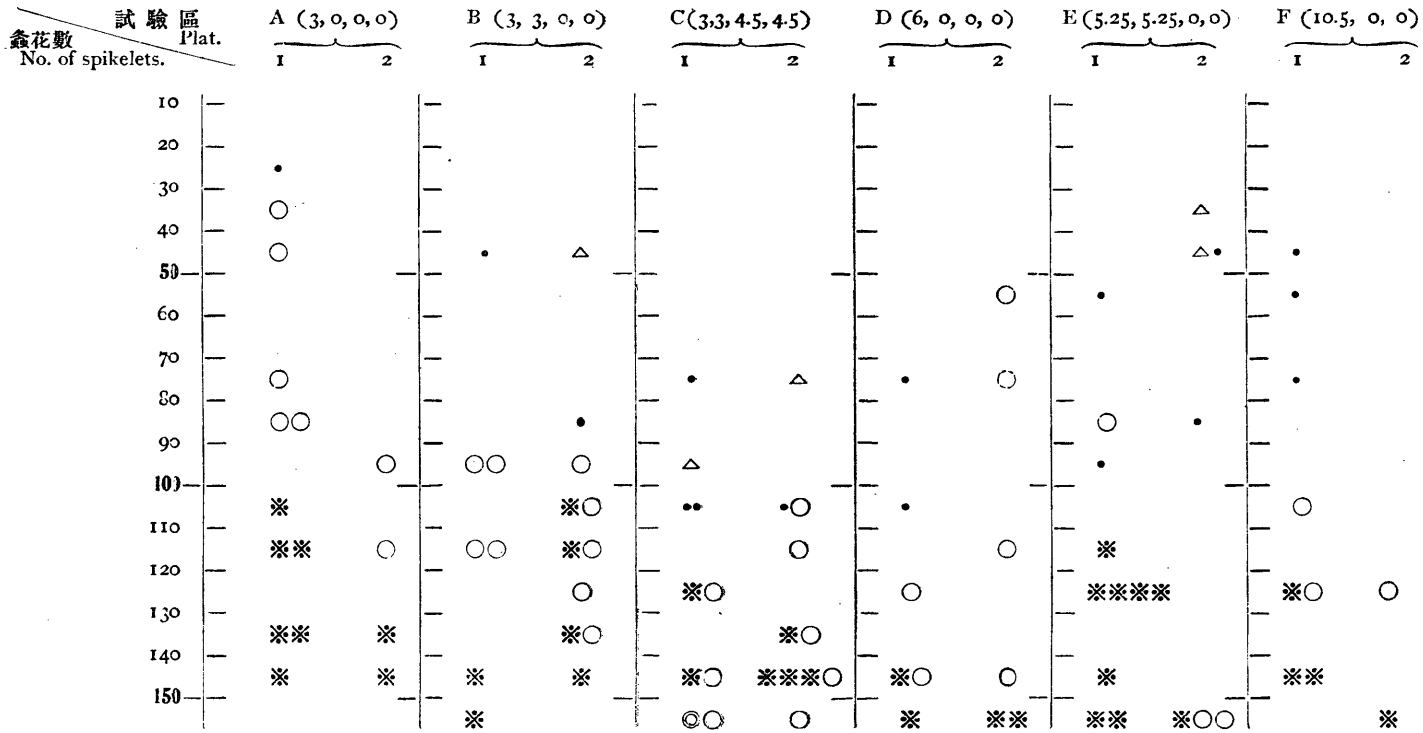
第 四 期　八月二十日以降

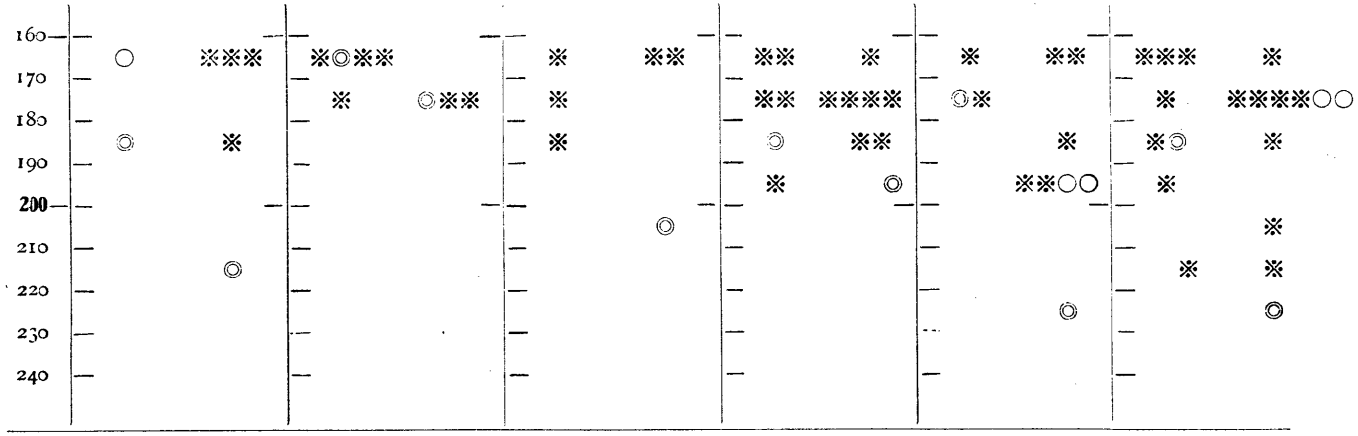
全然蘖子を生ぜざりし區もあるが，概ね一本乃至四本の分蘖をしてゐる。第一次のものは殆どなく，多くは第二次と第三次とである。其の多くは八月中に發生してゐるが，晩く九月に入て分蘖したものもあり，更に高位節より發生したものもある。而して其の或るものは無效に終てゐる。

之を要するに各區とも主稈の第三乃至第七節より發生する約五本の第一次蘖子と，第三及び第四節よりの第一次蘖子，稀に第五又は第六節よりのものに發生せる六，七本の第二次，時に一，二本の第三次と高位節蘖子とを加へて，最後には十二本乃至十四本の穗を形成した。斯く穗數には各區の間に殆ど差を認め難きも，分蘖の順序及び早晩に多少の相違があり，表層に肥料多ければ早く下位の節より分蘖したのに對し，少き場合には分蘖の晩れる傾向があつた。

第 三 表 一穗の蠶花數の變異

Table III. Variation of the Number of Spikelets of an Ear.





穂數(No. of Ears.)	14	9	12	14	13	14	12	14	14	15	16	13
籾の總數 Total no. of spikelets.	1401	1378	1585	1737	1770	1959	1803	2020	1822	2181	2251	2305
平　均 Av.	100.0	153.2	131.8	123.9	136.1	139.7	150.0	144.3	130.0	145.5	140.5	177.1
	90.3	89.5	92.6	94.5	92.7	94.8	91.1	92.5	93.6	92.7	94.5	94.2

N. B.

◎ 主 稈 (Main stem)

※ 八月八日前に分蘖せるもの (Tiller developed before 8. Aug.)

○ 八月十五日前に分蘖せるもの (〃 〃 〃 15. Aug.)

• 八月二十日以降に分蘖せるもの (〃 〃 after 20. Aug.)

△ 高位節分蘖 (Tiller developed from a higher node.)

斯くして八月二十日頃迄を分蘖期，爾後九月十日頃迄を伸長期と見るべく，出穗は九月十一日頃より開始され，十八，九日頃迄に其の大部分を了り，下旬に入て出穗したものは穗甚だ小に，又高位節よりの蘖子は概ね十月に入て出穗してゐる。而して上記の第二期迄に形成された稈は概ね九月十五，六日迄に出穗して正常の大さの穗を有せしに對し，爾後分蘖したものは出穗も晩れ，穗も亦小なるを一般とした。

以上分蘖に就ては稍詳しく述べたが，それは斯る分蘖狀態こそ後に記す如く穗の大さ，根の發育，並に之が各層より吸水する有樣にも大なる影響を與へたからである。然るに分蘖は主として表層の施肥量により決定されるとはいへ，それは大體のことで，同一試驗區に於ても相當著しき個體の變異があり，之は軈て種々の點に其の影響を現はすが故に，試驗區間の比較をする場合此點は十分考慮してかゝらねばならぬ。

試驗區間の比較。

既述の如き施肥狀態の差異が稻の收量構成の要素たる穗數，一穗の稔花數，其の稔實步合並に種實充實の良否の上に如何に影響するかに就て考察を進める。

穗數の基礎たる分蘖に就ては既に述べたるが故に，茲に再び繰返さない。然るに分蘖が主として表層の施肥量により左右せられ，第二層以下の肥料が殆ど無影響であることは，著者の實驗した胡瓜や茄子の場合に於て早くより深層の肥料の影響の現はれるのと著しき對照をなすものであるが (1)，之は根群の發達狀態の上から說明し得るものゝ如くである。卽ち茄子や胡瓜にありては直根が先づ早く深層に伸入し，之より發生する支根によつて根群の形成せらるゝに對し，稻にありては直根に相當する種子根の發達良好ならず，根群は主として節根の速なる增加により發達し，而も其等は先づ表層に發達するからである。實際第六表に於て見る如く分蘖の大部分を了る八月二十日頃迄に於ては植物の全吸水量の 70 % 以上が表層から吸收されてゐる。

斯く地表下 20 cm. 以下の層の肥料が分蘖に無影響だと云ても，それは單に蘖子の發生に關するだけのことで，其の後の稈の成長の之によつて影響されることは著しく，從て藁の收量は之によつて著しく增加されてゐる。

一穗の稔花數は分蘖の多少により影響せられ，同じ施肥狀態の下にありては分蘖の多きに從て少きが一般である。而して其の影響する有樣を見るに，晩き分蘖は早く分蘖せるものゝ穗を小ならしむると共に，自己の穗も亦小になるが爲に，一穗の稔花數の變異は之により增大し，其の平均値は小になる。而も斯る影響は植物の榮養狀態の宜しからぬ時特に著しき傾向があ

る。斯くして一穗及び一株の蠡花數は，施肥量の多きに從ひ，同じ施肥量なれば其の全量が表層に施用された時，又深層にも肥料あるに從て多く，而もその增加率は藁の收量のそれよりも寧ろ著しきを一般としてゐる。 尤も一株の蠡花數と藁の收量との關係は分蘖の如何により影響せられ，晩き分蘖の多き時，藁の割合に蠡花數は多くなく，從て上記の條件による兩者の增加率の關係は必ずしも上記の通でないこともあるが，少くとも分蘖の模樣の相似たものゝ間では上記の條件による增加率は蠡花數に於ける方が藁の收量に於けるより著しくなつてゐる。そは兎も角一穗或は一株の蠡花數は穗の形成される當時の植物の榮養狀態の良否を示す一標識と認め得べく，從て上記の諸條件は何れも穗の形成當時の榮養狀態を可良ならしめるものと考へてよいであらう。卽ち分蘖其のものには殆ど無影響なりし第二層以下の肥料も，穗の形成期に至れば，著しく植物の榮養狀態を良好ならしめるし，而も同量の肥料が第一層と第二層とに分施されたのでは全量が第一層に施された場合に比し其の當時は未だ猶其の榮養狀態は劣てゐると認むべきであらう。而して穗の形成が主として伸長期に行はれ，而も此の時期の第二層から吸水量が總吸水量の 30 %以上に及んでゐるとすれば，之も當然のことであらう。

稔實步合も亦試驗區の間で相當著しき差を示してゐる。卽ち，深層にも肥料あるに從ひ，又表層にのみ施肥した場合には其の施用量の多きに從て，稔實步合高く，而も同量の肥料を表層のみに施すのと第二層との間に分施するのと比較すると，施用量の少い B と D との間に於ては分施した B の方が高く，施用量の多い E と F との間に於ては之と反對に全量を表層に施した F の方が高くなつてゐる。斯くして稔實步合の出穗期頃の榮養狀態によつて決定されることは略ゞ想像し得べく，而して上記の如く B と D 及び E と F との夫々の比較に於て正反對の結果を示したのは，蓋し前者の場合には，施肥量の少なかりし爲，D は其の形成した蠡花數に對して出穗期頃には寧ろ榮養の良好になつて來てゐる B に比し其の榮養の衰へたのに對し，後者の場合には，施肥量多かりし爲，F の榮養狀態の未だ E に勝れてゐたからではあるまいか。 而して著者は水稻に於て出穗期數日前の追肥が粃數に影響なくして著しく稔實步合を高めたこと (3)，及び同じ施肥量の場合表土の深きに從て稔實步合高きも，而も同じ深さの表土に於ては施肥量多き時却て稔實步合の低き傾ありしことを實驗してゐる (2)。 此等の事實から考察すると，稔實步合と榮養狀態との關係は蠡花數の多少を考慮に入れて云々すべきものではあるまいかと思はれる。

種實の充實の良否は之を玄米の千粒重を以て表はすことにした。 此の玄米の千粒重を出すのに完全粒のみを以てするのと，玄米の總重を稔實粃數にて除したる商を以てするのと二方法

を試みたが，其の結果は兩者略平行して，何れを用ふるも可なることが認められた。而して表層に肥料の少なかつた A, B, C の三區と表層に肥料を多施した D, E, F の三區とは，夫々互に相似た玄米の千粒重を示したが，而も前の三者は後の三者に比し著しく重くなつてゐる。併し夫々の三區の間にも全然差のない譯ではなく，A, B, C の間では A が最も輕く，B, C と順次に重くなる傾があり，D, E, F の間では E が最も重く，D と F とは大差なきものゝ如くである。卽ち表層に於ける施肥量の多少は充實の良否を決定する第一次的の要因であり，深層に於ける肥料の有無は第二次的の要因たるの觀がある。之を既に報告した表土の深淺と施肥量とが水稻の成育に及ぼす影響に關する實驗の成績と對照して見ると，此の場合には同じ施肥量の下に於ては表土の深きに從て玄米の千粒重は大に，又同じ深さの表土に於ては表土深ければ施肥量の影響は殆ごないが，表土の淺きに從て其の影響が現はれ，施肥量の多きに從て玄米の千粒重量は重くなつてゐる (2)。又出穗期に近く追肥すれば玄米の千粒重の重くなることも著者は實驗してゐる。此等の成績は大體に於て一致し，成熟期に於ける榮養狀態の可良は種實の充實を良好ならしめる原因たることを示す如くであるが，茲に一つ見遁し難き不一致の點が見出される。卽ち表土の深淺に關する試驗に於て表土の淺き時多肥が種實の充實を可良ならしめてゐるのに對し，本實驗に於て表層の多肥が種實の充實を妨げてゐることは正に反對の結果である。之だけの資料では之に對して斷定的な說明は與へ得ないが，次は少くとも可能性ある一の說明であらう。卽ち，種實の充實の良否は成熟期に於ける植物の榮養狀態によつて決定されるものであるが，表土の深淺に關する實驗に於ては本實驗に於ける如く土壤內に於ける肥料の移動を妨ぐる隔壁を缺きしが故に，施肥量多き場合には多少肥料分の深土層への移動があり，之が成熟期の榮養狀態を可良ならしめたのに對し，本實驗の場合には表層の肥料の深層への移動は全然阻止された爲，施肥量多く初期の成育の可良にして蠶花數の多かりしだけ，成熟期の榮養の衰へた爲ではなかつたであらうか。實際施肥量の增加による蠶花數の增加率の如き本實驗に於ける方が遙に著しいものであつた。

成熟期に於て榮養狀態の良好なることが種實の充實を可良ならしめるとすれば，之は榮養狀態の良好なることによつて植物の長く綠色を保ち同化作用を續けることが主なる原因であらう。而して之は蒸散量の多少を以て略〻其の指標となし得るであらう。斯る意味に於て最も大なる葉面積を持つ出穗期に於ける一日平均の蒸散量の百分率として成熟前期及び後期の夫等を表はし，此等を玄米の千粒重に對比せしめたのが次の第四表である。

第四表　成熟期蒸散量と千粒重

Table IV. Relative Transpiration in riping Period and Weight of 1000 Grains.

試驗區（肥料の分布狀態）Plat. Distribution of fertilizers (among different soil layers.)		玄米千粒重 Wt. of 1000 unhulled grains. 完全玄米 Perfect grain (gm.)	玄米收量×1000 Wt. of unhulled grains. / 稔實粒 Ripe grains. (gm.)	成熟前期一日平均蒸散量 Average daily transpiration during 20/IX−14/X	出穗期一日平均蒸散量 Average daily transpiration during 10/IX−19/IX (%)	成熟後期一日平均蒸散量 Average daily transpiration during 15/X−8/XI	出穗期一日平均蒸散量 Average daily transpiration during 10/IX−19/IX (%)
A (3,0,0,0)	1	23.22	20.70		54.9		26.6
	2	22.22	19.26		55.9		28.4
B (3,3,0,0)	1	23.56	20 56		60.2		31.1
	2	22.50	19.85		62.5		29.3
C (3,3,4.5,4.5)	1	23.70	22.21		70.5		40.9△
	2	23 63	21.65		66 2		28.4
D (6,0,0,0)	1	21.98	19.60		57.4		20.7
	2	20.94	18.39		58.0		23.6
E (5.2 5, 5.2 5,0,0)	1	21.28	19.85		62.7		24.2
	2	21.90	19.83		62.8		30.8△
F (10.5,0,0,0)	1	21.20	19.38		62.2		28.1△
	2	21.56	18.27		61.1		23.1

之によるこ前期の蒸散量の割合は A, B, C の三區の間では此の順序にかなり著しく大こなつて深層に肥料あるに從ひ此の期の同化作用の盛なりしここを示してゐるし，又 D, E, F の三區では第二層にも肥料のある E が最も大に，表層に肥料の最も多い F が之に次ぎ，D は最も小になつてゐる。併し全體こして見れば D, E, F の一組は A, B, C の組に比して概して大なる數字を示してゐる。斯くして A, B, C の一組及び D, E, F の他の一組を夫々別にして考へれば，玄米の千粒重こ此の期の蒸散量この間に關係があるやうであるが全體を一緒にして考へれば，兩者の間に關係あるここは認め難い。然るに後期のものに就て見るこ，此の期の蒸散量こ玄米千粒重こは略こ平行してゐる樣である。換言すれば少くこも此の場合には成熟後期の同化機能の强弱が玄米の千粒重を左右する決定因子である如く見える。斯くして表層に肥料を多施するこ，初期の成育は可良にして多數の蕊花を形成し，其の稔實步合も寧ろ可良に，成熟期に入ても其の初期に於ては未だ成育旺盛にして多量に蒸散するが，其の後期に入りて成育は衰へて蒸散量は激減し，之が爲に種實の充實は餘り良好ではあり難いこ考へてよいであらう。 而して斯く表層に施された多量の肥料が比較的長く其の影響を示すのはやはり禾穀類植物の根群の發達が主こして節根の增加により，而もそれが成熟期迄繼續されるからではあるまいか。

かくして最後の總收量及び玄米收量は何れも施肥量の多きに從ひ，同じ施肥量なれば其の全量が表層に施された時，又深層にも肥料あるに從て多くなつてゐるが，總收量に對する玄米收量の割合は深層に肥料あるにより高められ，施肥の層を同じくすれば施肥量の多きに從て寧ろ高くなつてゐる。 斯く深層の肥料が後の榮養狀態を可良ならしめて對總收量の玄米の割合を高めるのは當然こして，多肥が之を高めるのは寧ろ一般に信ぜらるゝ所こ反對の樣でもあるが，之は主こして穗の形成及び稔實步合の上に好影響を與へるが爲で，種實の充實は寧ろ惡くなるここ上述の如くだこすれば，之亦當然だこもいへやう。又同じ施肥量なれば表層にのみ施用した方が多收を與へるこいふここは，表土の深淺に關する實驗に於て表土の深きに從て多收なりしこここ相反する樣でもあるが，收量構成の因子たる分蘖數，蕊花數，稔實步合，種實の充實等個々のものに及ぼす影響を檢すれば，兩者相反する所なく，玄米の收量が此等の總和的結果だこすれば，兩實驗に於て土壤の各層の厚さ，施肥量，其他を異にする以上，個々の因子に及ぼす影響の大小の關係により，最後の收量に於て相反するここの起るのも已むを得ぬここであらう。

根群の發達狀態

地上部を收穫せる後圓筒を開き，叮嚀に土壤を洗ひ去て，土壤の各層に發達せる根の量を測定した。第五表に掲ぐるものは其の結果である。但細微の土粒を完全に除去することの困難なりしが故に，乾燥量を測定せる後，燒却し，其の消失量を以て根の量とした。

第　五　表

土壤の各層に發達せる根の量　　單位 (Unit): gm.

Table V. Amount of Roots in Different Soil Layers.

試驗區 Plat. ＼ 土壤の層 Soil layer.		I cm. 0—20 (20)	II 20—40 (20)	III 40—70 (30)	IIII 70—100 (30)	計 Total (100)
A (3,0,0,0)	1	2.979	0.875	0.877	0.460	**5.191**
	2	2.776	1.269	1.044	0.594	**5.683**
B (3,3,0,0)	1	3.014	1.761	1.007	0.498	**6.281**
	2	3.356	1.835	0.988	0.672	**6.852**
C (3,3, 4.5, 4.5)	1	2.399	1.847	1.563	0.960	**6.769**
	2	2.325	1.400	1.402	1.104	**6.232**
D (6,0,0,0)	1	3.811	1.014	1.065	0.613	**6.505**
	2	3.700	1.126	1.262	0.768	**6.856**
E (5.2 5, 5.2 5,0,0)	1	3.084	2.070	0.822	0.535	**6.511**
	2	2.709	2.150	1.084	0.609	**6.553**
F (10.5, 0,0,0)	1	3.357	1.089	1.153	0.682	**6.280**
	2	3.687	1.153	1.037	0.691	**6.566**

此の表で見る如く，根の量は上層より下層に向て漸次減少するが，其の中でも A, D, F の如く表層にのみ施肥したものは其の層に於ける根の量特に多くして，第二層より激減し，B

及び E の如く第二層迄に施肥したものはやはり第二層迄多くして，以下の層には少く，更に C の如く總ての層に施肥した區に於ては最下の層に迄割合に多く根の發達してゐることが認められる。斯くして根が施肥された層に特に良く發達することは明なる事實で，著者は胡瓜や茄子を用ゐて實驗した場合にも同樣の結果を得たことは既に報告してゐる(1)。併し同位の層に就て見る時，其の層の根の量は必ずしも施肥量と平行せぬものであることを見逃してはならぬ。例へば A, B, C の三區に就て見るに，第一層は同じく三單位量の施用量であり乍ら，其の根の量は B が最も多く，A 之に次ぎ，C は最も少い。A の第一層の根の少いのは植物の成育も根の全量も共に最も劣てゐたことゝて，當然だとも考へられるが，然らば成育の寧ろ勝れてゐた C の第一層の根の特に少いのは何に因るものであらうか。かゝる施肥量と根の量との不一致は B と E との間にも，又 F と D との間に於ても亦認められる。卽ち E は B に比し第一及び第二層共に遙に多く施肥され乍ら，第二層の根は多いが，第一層に於ては寧ろ少く，又共に表層にのみ施肥されてゐ乍ら，其の量の遙に多い F の第一層の根は D の夫に比し遙に少い。之に對する可能性ある一の說明は，或る層に何等かの原因により根がよく發達すると，其の影響により他の層に於ける根の發達が劣ることいふことである。例へば C は下層に迄施肥されて根の發達可良なりし爲，第一層では却て B や A に劣たのであるし，E の第一層の根の B や D に劣たのは第二層にも施肥されて其處の根の發達の可良なりしことの影響と見るものである。併し D に比し遙に多量に施肥された F の第一層の根の D の夫に劣てゐることは之では說明しかねる。

同じ試驗區の個體間には根の發達狀態に多少の變異があるが，そのあるものは分蘖及び其の後の成長の上より說明し得る如くである。例へば A に於て其一の根は其二の根に比し第一層に於て多く第二層以下に於て少くなつてゐるが，其の地上部の成育狀態を比較すると，其一は其二に比し永く分蘖を續け，一穗の螽花數の變異は大に，其の平均値は甚だしく小になつてゐる。蓋し地上部の成育に於て分蘖の增加は既生の稈の成長を抑制する傾あるが如く，根に於ても節根の著しき增加は既生根の成長を阻止し，而も分蘖の增加は節根の增加を伴ふが故に，かゝる結果を示したのではあるまいか。之と同樣の事實は程度の差こそあれ，其の他の試驗區に於ても認められる。

卽ち E に於て其一は其二に比し第一層の根は多く第二層の根は少いが，其の地上部の成育はやはり A の場合と同樣に其一は多く分蘖して無效まで出し，而も穗は小さくなつてゐる。B 及び C の場合は之ほどではないが，略ゝ同樣にして說明し得るやうである。而して後述す

るが如く，肥料の分布狀態を異にする場合，各層の根の量と其の吸水量とは平行しないが，同一試驗區に於ては此の兩者は略ゝ平行するものの如くである。蓋し土壤狀態が同一なれば，其の吸水が根の發達と平行するのは寧ろ當然である。 此のことに就ては後に詳述するであらう。

土壤の各層よりの吸水量

土壤の各層よりの吸水量は七月十二日以降十一月八日に至る百二十日の間五日毎に測定したが，茲には便宜上此の百二十日間を植物の成育狀態に應じて成育初期，分蘖期，伸長期，成熟前期及び同後期の五期に分ち，各期の吸水狀態を第六表に示した。

此の表を見て直に注意される點は，D 及び F の如く同一試驗區の兩個體の吸水狀態，卽ち各期に於ける各層からの吸水量の其の總吸水量に對する比率の互に克く似たものもあるが，其の他の區に於ては兩個體著しく其の吸水狀態を異にしてゐることである。併し此の差異は地上部の成育狀態の差異より略ゝ說明し得るやうである。 仍て試驗區相互間の比較は後廻しにして，此の點から考察を進めるであらう。之には第二表に示した分蘖の模樣と第三表の一穗の蕚花數の變異表とを對照しつゝ考察するのを便とする。

先づ A の兩個體を比較する。分蘖期の吸水狀態を見るに，第一層からの吸水量は分蘖の多い A_1 の方が多く，第二及び第三層では之と反對に分蘖の少い A_2 の方が多く吸水してゐる。斯る事實は其の後も引續き認められるが，其の差は漸次減少の傾向を示し，九月下旬以後になると，第二層の吸水は却て A_1 の方が多くなつてゐる。 分蘖の增加が節根の增加に伴ひ，斯る節根は先づ表層に發達し，後漸次深層へと伸長して行くものとすれば，分蘖の多い個體が分蘖期に於て表層から多量の吸水をするのは當然である。 然るに節根の數の增加は分蘖期に止まらず，伸長期より成熟期迄も繼續されるとすれば(4)斯る節根の數は分蘖數には比例せぬであらうから，分蘖期を過ぎるに從ひ，分蘖の多少に原因する第一層からの吸水量の差は寧ろ減少するのではあるまいか。分蘖の增加が既生莖の成長に影響するが如く，節根の增加が既生根の深層への發達を阻止する傾向あるべきも想像されぬことではない。 分蘖の少い A_2 が分蘖期に於て第二層以下から割合に多量に吸水することは斯くして說明されやう。 而して分蘖多き個體に數多く發生した節根が植物の成長に伴ひ漸次深層へと伸長して行けば，其の深層からの吸水量も割合に增加するであらう。 以上の事實は收穫後調査した各層內に發達せる根の量の上にも認められることは既述した所である。

第六表 土壤の各層よりの吸水量

Table VI. Amount of Water Absorbed

期間 Period	土壤の層 Soil layer	A (3, 0, 0, 0) (1)	A (3, 0, 0, 0) (2)	B (3, 3, 0, 0) (1)	B (3, 3, 0, 0) (2)	C (3, 3, 4.5, 4.5) (1)	C (3, 3, 4.5, 4.5) (2)
初期 12/VII—31/VII (20日 days)	I	495(72.1)	488(77.0)	553(78.1)	576(81.8)	416	595
	II	160(23.3)	104(16.4)	56 (7.9)	0 (0.0)	420	406
	III	31 (4.6)	42 (6.6)	81(11.4)	129(18.2)	△	109
	IIII	0 (0.0)	0 (0.0)	18 (2.6)	0 (0.0)	△	△
	S	**686**	**634**	**708**	**705**	**836**	**1110**
分蘖期 1/VIII—20/VIII (20日 days)	I	4548(79.5)	3442(64.5)	3940(72.0)	4793(80.8)	3432(63.3)	4422(67.9)
	II	822(14.4)	1354(25.4)	1023(18.7)	544 (9.2)	1594(29.3)	1960(30.2)
	III	157 (2.8)	370 (6.9)	330 (6.0)	588 (9.9)	408 (7.4)	125 (1.9)
	IIII	184 (3.3)	174 (3.2)	176 (3.2)	4△ (0.1)	△	△
	S	**5711**	**5340**	**5469**	**5925**	**5434**	**6507**
伸長期 21/VIII—9/IX (20日 days)	I	7883(65.6)	6614(55.0)	8169(62.8)	8667(64.4)	6347(57.2)	7520(60.2)
	II	3107(25.8)	4004(33.0)	4029(31.0)	3280(24.4)	3380(30.5)	4194(33.6)
	III	676 (5.6)	1039 (8.6)	621 (4.8)	1505(11.2)	1352(12.3)	769 (6.2)
	IIII	340 (2.8)	355 (6.7)	193 (1.4)	△ —	△ —	△ —
	S	**12008**	**12012**	**13012**	**13452**	**11079**	**12482**
出穗期 10/IX—19/IX (10日 days)	I	3083(57.8)	2532(50.3)	2995(51.3)	3512(55.5)	2940(47.5)	3126(49.3)
	II	1557(29.1)	1707(33.7)	2216(38.0)	1795(28.3)	1770(28.5)	2179(34.3)
	III	466 (8.7)	536(10.6)	600(10.3)	1033(16.2)	1498(24.0)	719(11.3)
	IIII	233 (4.4)	269 (5.3)	19△(0.4)	△ —	△ —	325 (5.1)
	S	**5339**	**5044**	**5830**	**6340**	**6208**	**6347**
成熟前期 20/IX—14/X (25日 days)	I	4090(55.8)	3782(53.5)	3766(43.9)	5253(53.0)	4143(38.1)	4376(41.6)
	II	2002(27.6)	1976(27.9)	3625(42.3)	2669(27.0)	3525(32.2)	3909(37.2)
	III	796(10.9)	890(12.6)	1192(13.8)	1988(20.0)	3251(29.7)	1601(15.2)
	IIII	438 (6.0)	421 (6.0)	0 (0.0)	△ —	△ —	626 (6.0)
	S	**7326**	**7060**	**8580**	**9910**	**10949**	**10512**
成熟後期 15/X—8/XI (25日 days)	I	1647(46.3)	1713(48.0)	1008(22.2)	2170(46.9)	1595(25.1)	1614(35.8)
	II	810(22.8)	671(18.8)	2214(48.8)	909(19.6)	2177(34.2)	1898(42.0)
	III	986(28.5)	1117(31.8)	1310(29.0)	1552(33.5)	2579(40.7)	972(21.6)
	IIII	110 (3.1)	71 (1.9)	0 (0.0)	△ —	△ —	27△ (0.6)
	S	**3553**	**3572**	**4532**	**4631**	**6351**	**4511**
合計 Total (120日 days)	I	21746(62.7)	18571(55.1)	20431(53.6)	24976(61.0)	18903(46.3)	21653(52.3)
	II	8458(24.4)	9816(29.2)	13173(34.7)	9197(22.4)	13226(32.4)	14546(35.1)
	III	3114 (9.0)	3994(11.9)	4134(10.7)	6795(16.6)	8728(21.3)	4293(10.4)
	IIII	1305 (3.9)	1290 (3.8)	406△(1.0)	4△ —	△ —	978△(2.2)
	S	**34623**	**33671**	**38144**	**40972**	**40858**	**41470**

單 位 (Unit): c.c. 但括弧中の數字は總吸水量に對する比率を示す

from Different Soil Layers.

D (6, 0, 0, 0)		E (5.25, 5.25, 0, 0)		F (10.5, 0, 0, 0)	
(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
512(73.4)	563(90.5)	600(87.5)	776(92.4)	899(94.4)	579(75.9)
72(10.3)	20 (3.2)	32 (4.7)	9△(1.0)	0△ (0.0)	68 (8.9)
112(16.1)	40 (6.3)	54 (7.8)	55 (6.6)	53 (5.6)	117(15.2)
0 (0.0)	0 (0.0)	0	0	0 (0.0)	0 (0.0)
697	**623**	**686**	**840**	**952**	**764**
4426(73.0)	4677(73.4)	4245(64.0)	3897(71.3)	5031(80.5)	5194(75.9)
1117(18.4)	1168(18.4)	1805(27.3)	1102△(20.2)	732(11.7)	1179(17.2)
331 (5.5)	338 (5.3)	331 (5.0)	329 (6.0)	308 (4.9)	264 (3.9)
187 (3.1)	178 (2.8)	241 (3.7)	144 (2.6)	177 (2.9)	203 (3.0)
6061	**6361**	**6622**	**5472**	**6248**	**6840**
7440(55.8)	7582(54.3)	9709(63.2)	6741(51.1)	8485(58.5)	8628(57.7)
4304(32.2)	5078(35.0)	4468(29.1)	5261(40.0)	4663(32.2)	4788(32.0)
1194 (8.9)	1132 (7.8)	832 (5.4)	929 (7.0)	1025 (7.1)	1082 (7.2)
416 (3.1)	419 (2.9)	364 (2.4)	232 (1.8)	318 (2.2)	433 (3.1)
13354	**14211**	**15372**	**13163**	**14491**	**14931**
2801(46.1)	3016(43.6)	4021(64.5)	2712(41.1)	3262(46.0)	3024(45.2)
2155(35.4)	2396(35.6)	1341(21.0)	2869(43.3)	2470(34.9)	2401(35.9)
833(13.7)	809(14.9)	561 (9.0)	837(12.6)	980(13.8)	808(12.1)
291 (4.8)	369 (5.9)	331 (5.4)	195 (2.9)	387 (5.3)	456 (6.8)
6080	**6590**	**6254**	**6613**	**7099**	**6689**
3996(45.8)	4166(43.6)	6180(63.0)	3625(35.0)	5111(46.3)	4411(43.1)
2901(32.2)	3403(35.6)	2400(24.7)	4854(46.8)	3528(32.0)	3670(34.9)
1207(13.8)	1420(14.9)	670 (6.9)	1834(17.6)	1803(16.4)	1384(13.5)
628 (7.2)	562 (5.9)	525 (5.4)	67△(0.7)	588 (5.3)	769 (7.5)
8732	**9551**	**9797**	**10380**	**11030**	**10234**
1684(48.0)	1661(42.5)	2354(62.5)	1765(34.7)	2351(47.2)	2040(53.0)
1009(28.7)	1467(38.4)	1137(30.2)	2438(47.9)	1034(20.8)	1084(28.1)
598(17.0)	742(19.0)	81△	866(17.4)	1600(32.0)	576(14.9)
224 (6.3)	47△(0.1)	195△	△ —	△ —	158 (4.0)
3515	**3917**	**3767**	**5089**	**4985**	**3858**
20859(54.3)	21935(52.8)	27109(63.8)	19516(47.0)	25139(56.1)	23876(55.1)
11558(30.1)	13532(32.6)	11205(26.4)	16533(39.7)	12427(27.7)	13190(30.4)
4275(11.1)	4481(10.8)	2529 (6.0)	4870(11.7)	5769(12.9)	4231 (9.8)
1746 (4.5)	1573 (3.8)	1656 (3.9)	638 (1.6)	1470 (3.3)	2019 (4.7)
38439	**41521**	**42499**	**41557**	**44805**	**43316**

B の兩個體間にも大分著しき差が認められる。尤も B_2 に於ては第三及び第四兩層間のパラフイン層に故障のあつてか，第四層からは多少水の流出を見，之に對して第三層の吸水量は多くなつてゐて，此の兩層の吸水量には信を措き難き點があるので，茲では第一及び第二層の吸水量に就てのみ考察する。分蘖少く大なる穗を形成した B_1 が之に反する B_2 に比し，第一層からは少く，第二層からは多く吸水したことは A の場合に述べた所と一致してゐるやうである。併し其の差は餘りに甚だしきに，各層に發達せる根の量は分蘖の多い P_2 が第一層に於て稍々多い以外餘り著しき差のないことから推して，斯る說明で十分なりや否やに就ては多少の疑がないでもない。こはいへ B_1 の如く出穗期以後に於て第二層からの吸水量が第一層のものを凌駕することは C，殊に C_2 及び E_2 等第二層に施肥した區のものに見られ，且其の穗の大さを見るに其の變異割合に小にして平均値の大なることより推して，斯る吸水狀態の肥料の分布並に植物の成育狀態と關係あることは想像してよいであらう。之に對して P_2 の吸水狀態は A_1 の夫に克似してゐるが，此の兩者は分蘖の模樣が似てゐるのみならず，穗の大さの變異に於ても多少似た點がある。

C に於ても B の場合と同じ理由で第一及び第二兩層の吸水量のみに就て考察する。兩個體の吸水狀態は大分克く似てゐるが，而も其の差は地上部の成育狀態の差異から略々說明し得る如くである。卽ち第一及び第二兩層とも早く多く分蘖して多收を擧げた C_2 の方が多量に吸水してゐるが，第一層の吸水量の差は分蘖期に於て最も著しく，成育が進み晩く分蘖の增加した C_1 の蘖子の節根の增加するに從て其の差は減少するし，第二層に於ても同じ傾向が認められるが，C_1 の吸水量の增加して兩個體の差の減少することが第一層に比して遲い。而して C_2 の方が穗の大さの變異は寧ろ小に，平均値は大きいが，吸水狀態も之に平行して C_2 の方が第二層の吸水量の比率が大になつてゐる。D に於ては兩個體の吸水狀態は甚だ克似してゐる。而して分蘖には多少の遲速がないでもないが，穗の大小の變異の克く似てゐる點より見て，兩者の成育も亦克く似てゐたと見てよいであらう。

E に於ては兩個體の成育狀態の甚だしく異なつてゐるのに平行して，其の吸水狀態にも著しき差のあることが認められる。E_1 は多く分蘖したが，二本の無效を生じ，穗の大さの變異は寧ろ大にして，而も其の平均値は此の施肥量に對しては異常と認められるほど小である。之に對して其の吸水狀態を見るに，第一層の吸水量のみ徒に多くして，第二層以下からの吸水量は甚だしく少ない。蓋し多數に發生した蘖子も大なる穗を形成し得ぬほどで，其の成育の良好ならざりし爲，其等の根も深く發育し得なかつたのであらう。正常の發育を遂げた E_2 が第

二層から多量に吸水したことに就ては既に B の所で述べた。而して多く分蘖した E_1 は E に比し第一層に多量の根を有したが，第二層以下に於ては寧ろ少なかつた。

F の兩個體は割合によく似た吸水狀態を示してゐる。併し此の場合にも地上部の成育狀態の差は吸水狀態の上に反映してゐる如くである。卽ち多く分蘖した F_1 は第一層から割合に多く吸水してゐるが，第二層からの吸水量は割合に少い。

以上の如く同じ試驗區に於ても地上部の成育狀態に相當著しき個體の變異があり，之に應じて吸水狀態も亦異なつてゐるが故に，試驗區，卽ち施肥狀態と吸水狀態との間に明なる關係を需むることは稍々困難なるが如きも，而も此の間吸水狀態に二三の類型は之を認め得るやうである。

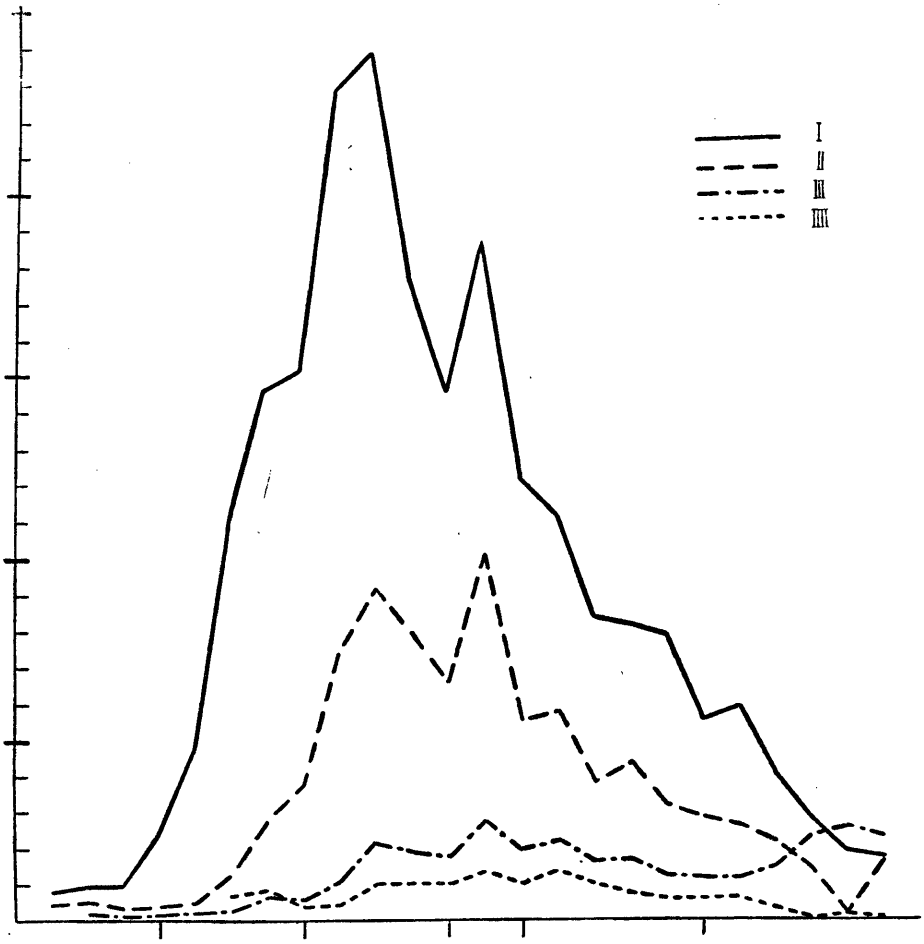
類型其一の典型として A_1 を採る。之に屬するものは割合に多く分蘖するが，其等は良き成育をなす能はず，從て穗は小なるのみならず，其の變異は大に，斯くして節根は多く發生しても深く發育し得ざるが故に，第一層からの吸水が割合に多くして，第二層からは少量にしか吸水しない。其の成長に伴ふ吸水狀態の變化を第一圖に示す。

此の類型のものは穗の大さ及び其の變異から見て，A の如く表層のみに寧ろ少量の肥料が施された場合の植物に見らるゝものであらう。併し他の施肥狀態の下にありても，何等かの原因によりかゝる成育をした場合には此の類型の吸水狀態を示すものである。P_2 及び E_1 は此の例である。就中 B_2 は其の分蘖狀態及び穗の大さの變異に於て A_1 に克く似てゐる爲か，吸水總量には差はあつても，之に對する各層からの吸水量の比率は極めて近い數字を示してゐる。

類型の其二は D 及び F の表層のみに肥料を多施した區に於て見るものである。此等に於ては分蘖の總數に於ては强ち其一のものに變らないが，其の發生は早く，良き成長を遂げて大にして而も揃ひたる穗を形成するが故に，節根も寧ろ早く深き層に伸入する。斯くして其一のものに比し第二層以下から割合に多く吸水する。而して此等二試驗區の四個體は互に各期に於ける總吸水量に對する各層からのものゝ比率に極めて近い數字を示してゐる。其の一例として D_2 の成長に伴ふ吸水量の變化曲線を第二圖に示す。

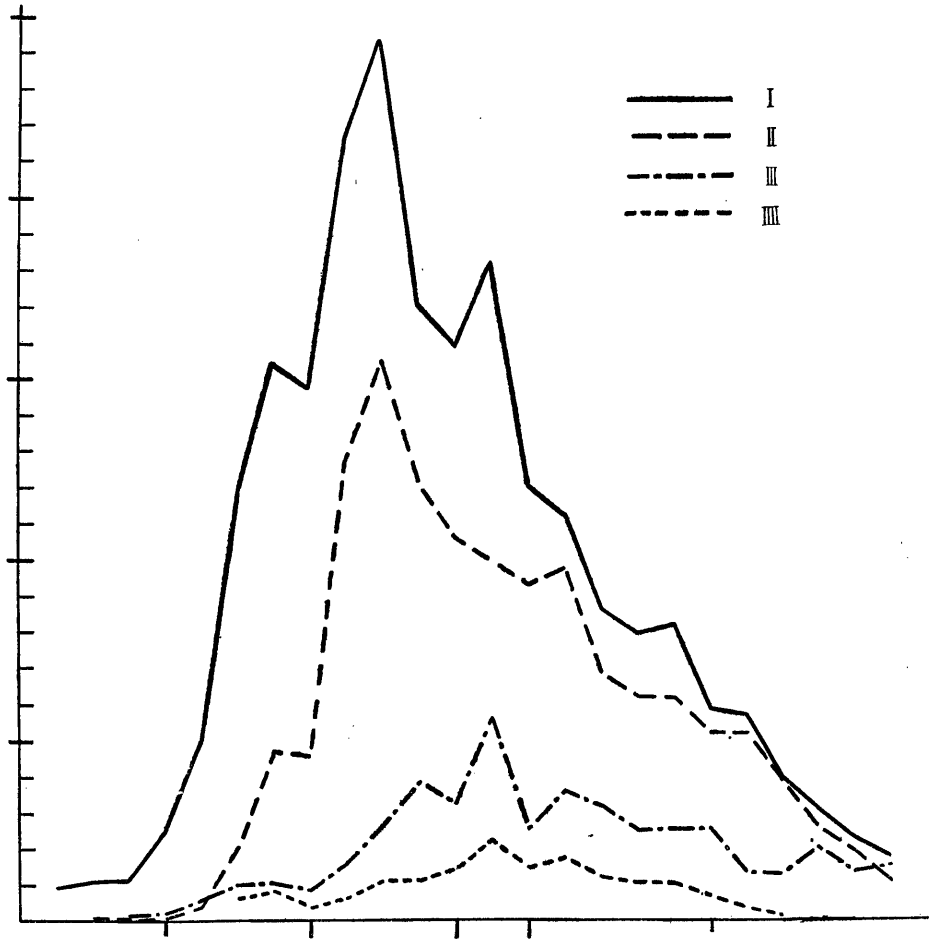
類型の其三は C の兩個體，B_1 及び E_2 に見るものである。此等は何れも第二層或はそれ以下の層にも肥料があるので，根は此等の層に割合によく發達して多量に吸水するが，之が爲に却て第一層の根の發達及び吸水は抑制される傾向さへ示してゐる。卽ち土壤の各層間の根の發達及び作用の一種の相關現象である。斯るものに於ては穗は割合に揃ふ傾がある。

第一圖 植物の成長に伴ふ土壤各層よりの吸水量の變化の一例 (A_1)



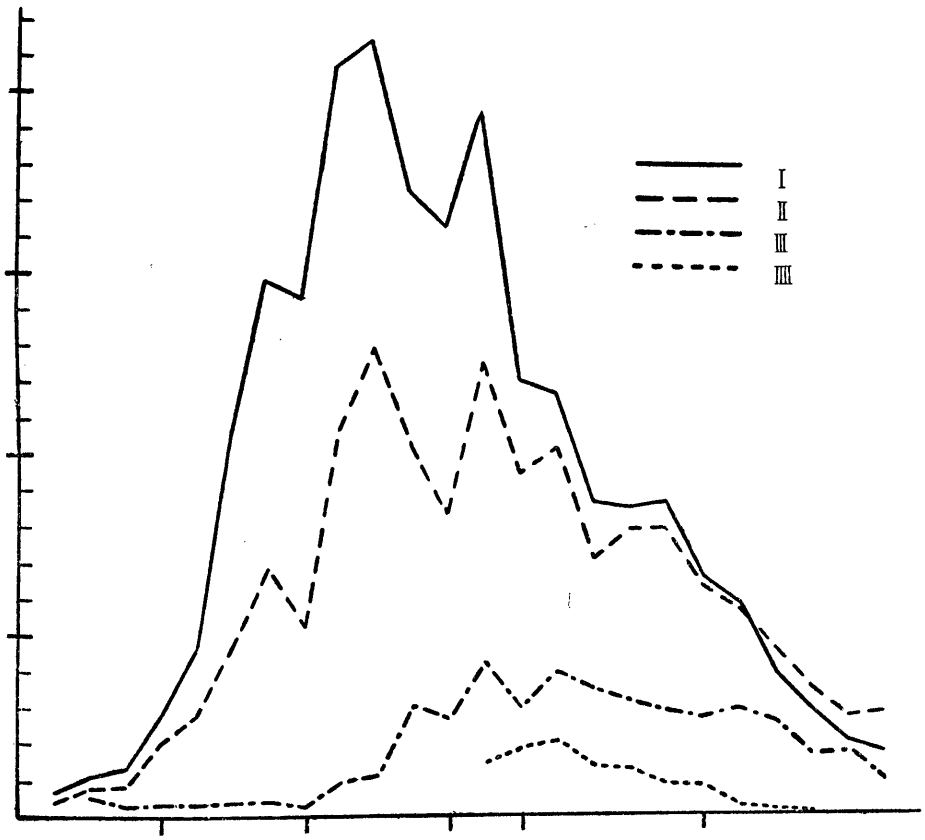
期間	12/VII—31/VII	1/VIII—20/VIII	21/VIII—9/IX	10/IX—19/IX	20/IX—14/X	15/X—8/XI
日數	20	20	20	10	25	25
土壤の層	分蘖期		伸長期	出穗期	成熟前期	成熟後期
I	495(27.2)	4548(79.5)	7883(65.6)	3083(57.8)	4090(55.8)	1647(46.3)
II	160(23.3)	822(14.4)	3107(25.8)	1557(29.1)	2002(27.6)	810(22.8)
III	31 (4.5)	157 (2.8)	678 (5.6)	466 (8.7)	796(10.9)	986(28.8)
IIII	0 (0.0)	184 (3.3)	340 (2.8)	233 (4.4)	438 (6.0)	110 (3.1)
計	686	5711	12008	5339	7326	3553

第 二 圖 植物の成長に伴ふ土壌各層よりの吸水量の變化の一例 (D_2)



期 間	12/VII—31/VII	1/VIII—20/VIII	21/VIII—9/IX	10/IX—19/IX	20/IX—14/X	15/X—8/XI
日 數	20	20	20	10	25	25
土壌の層	分 蘖 期		伸長期	出穗期	成熟前期	成熟後期
I	563(90.4)	4677(73.4)	7852(54.3)	3016(43.6)	4166(43.6)	1661(42.5)
II	20 (3.2)	1168(18.4)	5078(35.0)	2396(35.6)	3403(35.6)	1467(38.4)
III	40 (6.4)	338 (5.3)	1132 (7.8)	809(14.9)	1420(14.9)	742(19.0)
IIII	0 (0.0)	178 (2.8)	419 (2.9)	369 (5.9)	562 (5.9)	47△(0.1)
計	623	6361	14481	6590	9551	3917

第三圖 植物の成長に伴ふ土壤各層よりの吸水量の變化の一例 (C_2)



期間	12/VII—31/VII	1/VIII—20/VIII	21/VIII—9/IX	10/IX—19/IX	20/IX—14/X	15/X—8/XI
日數	20	20	20	10	25	25
土壤の層	分蘖期		伸長期	出穗期	成熟前期	成熟後期
I	595(53.6)	4422(67.9)	7520(60.2)	3126(49.3)	4376(41.6)	1614(35.8)
II	406(36.6)	1960(30.2)	4194(33.6)	2179(34.3)	3909(37.2)	1898(42.0)
III	109 (9.8)	125 (1.9)	769 (6.2)	717(11.3)	1601(15.2)	972(21.6)
IIII	△	△	△	325 (5.1)	626 (6.0)	27△(0.6)
計	1111	6507	12482	6347	10512	4511

C_2 の成長に伴ふ吸水量の變化を第三圖に示す。

以上述べた所から次の如く要約し得るであらう：

植物が土壤の各層より吸水する有樣は其の成育狀態，殊に分蘖と各稈の成長とによつて著しく左右せられ，而も斯る成育狀態は同じ試驗區に於ても個體の變異甚だしきが故に，吸水狀態にも甚だしき變異がある。而して斯る成育狀態の變異は根の發育狀態にも反映して，其の結果其の吸水狀態にも現はれるものであることは勿論なるも，少くとも收穫期に於ける根の量に現はれた所は吸水狀態に現はれた所ほど顯著でない。

斯く同一試驗區に於ける吸水狀態の變異は甚だしいとはいへ，施肥狀態の差が地上部の成育に影響する以上，施肥狀態が吸水狀態に影響することも當然である。斯る意味から施肥狀態に應じて吸水狀態を三の類型に分類した。其一は表層にのみ少量に施肥された場合のもので，第一層から割合に多量に吸水する。其二は同じく表層にのみ多量に施肥した場合のもので，其一に比し第二層以下から割合に多量に吸水する。其三は第二層以下にも施肥した場合のもので，深層からの吸水量の割合は更に多い。

成育の進むに從ひ漸次表層からの吸水量の割合は減じて第二層以下から割合に多量に吸水する樣になることは勿論であるが，成熟後期に於てなほ其三の類型以外のものは何れも總吸水量の 40 %以上 50 %内外を表層から吸收するし，全成育期を通じては 50—60 %が表層から吸收されてゐる。斯く成熟期に於てなほ表層から多量に吸水することは，胡瓜や茄子に於て表層からの吸水が成育と共に著しく衰へるのと著しき對照をなすもので (1)，之は根の發達狀態の上から十分說明される。

施肥狀態が異なり，從て根の發育狀態には著しき差があつても，地上部の成育狀態が相似なれば，其の吸水狀態も亦克似する。此のことは胡瓜や茄子の場合でも認めたことであつた。斯くして土壤各層間の施肥狀態と根の發育狀態とは平行しても，吸水狀態は必ずしも此等と平行せず，施肥された層には根は特に良く發達しても，之に應じて必ずしも特に多量の水が吸收されることはない。之は土壤溶液の濃度高く，從て吸水に對する抵抗の大なることに對する適應とも說明されるであらうが，此の點に關しては更に研究の上でないと斷定し難い。

摘　　要

1. 直徑 25 cm., 深さ 1 m. の亞鉛引鐵板製の圓筒に土壤を塡充し，之をパラフインの薄き層にて四層に區分し，各層には二個の LIVINGSTON 式自働灌水器を裝置することによりて土

壤の水分量を一定に保つと共に，植物が各層より吸收する水分量，從て蒸散量を測定し得る樣にした。土壤の各層間の肥料の分布狀態を種々にして，之に陸稻を栽培し，斯る土壤狀態に對して根が如何に發達し又作用し，之によりて地上部の成育が如何に影響せらるゝやに就て觀察した。

2. 地上部の成育及び收量の上に現はれた影響は次の如くであつた：

a) 分蘖は主として地表下 20 cm. 迄の第一層に於ける施肥量により左右せられ，以下の層の肥料は殆ど無影響であつた。卽ち表層に肥料多ければ，早く下位の節より順次に分蘖するのに對し，肥料少なければ，分蘖は晩く，其の順序も上下前後するやうな傾が認められた。斯く分蘖に早晩の差はあつたが，其の數には餘り著しき差がなかつた。併し第二層以下の肥料の無影響なのは分蘖其のものに對してだけのことで，其の後の成長は之によつて著しく影響せられ，從て藁の收量は，施肥量多きに從ひ，同じ施肥量なれば全部が表層に施された時，又深層にも肥料あるに從て多くなつた。

b) 一穗或は一株の籾數は藁の收量と同じ順序で增減したが，其の增減の程度は藁の收量に於けるより著しかつた。

c) 籾の稔實步合も亦藁の收量や一株の籾數と略と同じ順序で增減し，それが出穗前後の植物の榮養狀態により決定されるものであることを示した。斯くして一株の稔實粒數の增減は籾數に於けるより更に著しきものとなつた。

d) 玄米の千粒重量で表はした種實の充實の良否は表層に肥料を多施したものが肥料の少いものに比して概して劣り，深層の肥料は之に好影響を與へるものゝ如くであつた。而して最大蒸散面を有した出穗期の蒸散量に對する百分率で表はしたる成熟期後半の蒸散量の多少は玄米千粒重量の大小と略と平行した。斯くして他の實驗成績をも考慮して次の如く結論した。卽ち種實に於ける貯藏物質集積量の多少は主として成熟期に於ける炭素同化作用の强弱により決定されるものゝ如くであるが，肥料を多施すると成熟期の半頃迄の成育は可良でも，以後其の榮養は衰へて急激に同化作用面積を減少し，爲に種實の充實は惡くなるものである。

e) 斯くして穗數，一穗當の籾數，其の稔實步合，並に種實充實の良否の總和的結果たる玄米收量は，施肥量の多きに從ひ，同じ施肥量なれば其の全量を表層に施用した時，又深層にも肥料あるに從て多くなつた。

3. 土壤の各層に於ける根の發達狀態に關しては次の事實が認められた：

a) 土壤の各層に發達せる根の量は上層より下層に向て漸次に減少したが，而も略ゝ施肥量と平行し，多量に施肥された層に多く，肥料の少く又は全然施用されなかつた層には根も少なかつた。

b) 或る層の根の發達がよいと，之が爲に他の層に於ける發達は抑制される傾があり，斯くして同じ施肥量の同位の層の根の量にも著しき差が認められた。

c) 同じ試驗區に於ても分蘖が少く其の代り各稈の生育が揃て良いと，根は割合に深き層によく發達した。

4. 土壤の各層に於て根の吸收せる水分量に關しては次の事實が認められた：

a) 土壤の各層からの吸水狀態には地上部の成育狀態が反映し，各稈が揃てよく發育し揃て大なる穗を形成する時は，割合に多く深層より吸水し，之に反して分蘖多く穗の不揃となるが如き成育をなす場合には，表層からの吸水が割合に多かつた。之は勿論根の發育狀態に平行するものであるが，根の量に現はれた所より遙に著しかつた。

b) 斯くして土壤の各層間の肥料の分布狀態の影響は根の發達に於けるが如く直接吸水狀態に現はれずして，寧ろ地上部の成育を通して間接に吸水狀態に現はれたと見るべきものであつた。

c) 從て肥料の多施された層には根はよく發達するも，吸水量は之に比例して多くなかつた。之は肥料多施による土壤溶液の濃度上昇の結果，根の吸水に對する抵抗は增大せられ，之に對する適應として根は特に良く發達したものであらうか。

5. 斯く表層の肥料が初期の成育のみならず殆ど全期に亘て最も著しく其の影響を現はし，又成育の終迄表層から比較的多量に吸水する所以のものは，禾穀類植物の根群が主として節根の增加により，而も其の增加が成育の初期から成熟期に至る迄續くからで，直根を有た双子葉植物に於けると著しき對照をなすものである。

引用文献

1) 高山卓爾, 出光勝兵衛 (1932), 土壤の各層に於ける肥料の分布と胡瓜及び茄子の成育, 九大農 學藝雜誌, 5 : 137—158.

2) 高山卓爾, 瀧口義資 (1932), 表土の深淺が水稻の成育に及ぼす影響 第一報, 九大農 學藝雜誌, 5 : 159—173.

3) 高山卓爾, 瀧口義資 (1932), 伸長期の追肥と成熟期の落水とが水稻の成熟に及ぼす影響, 九大農 學藝雜誌, 5 : 174—185.

4) 植田宰輔 (昭和 5), 本田期に於ける水稻の成長曲線に就て, 日本作物學會記事, 2 : 161—170.

DEVELOPMENT AND ACTIVITIES OF ROOTS OF UPLAND RICE PLANTS AS RELATED TO THE DISTRIBUTION OF NUTRIENT SALTS AMONG DIFFERENT LAYERS OF THE SOIL

(Résumé)

Takuji KÔYAMA and Yoshio MARUYAMA

1. From the point of view that studies on the roots of crop plants should be made in relation to soil conditions, the authors have made several experiments, one of which is presented here. In this experiment the effects of the distribution of nutrient salts among different layers of the soil on the growth of upland rice plants were studied, when conditions of air and water supply were maintained uniformly good in all layers of all plats.

Containers of galvanized iron sheeting, 25 cm. in diameter and 1 m. in depth, were filled with soil. The soil columns in the containers were divided into four layers, 20, 20, 30 and 30 cm. thick from the surface to the bottom, inserting thin sheets of paraffin wax, which allowed the passage of roots but not of water and salt solution. The surface of the soil was also sealed with paraffin wax to check the evaporation from the soil surface. Each layer was auto-irrigated after the LIVINGSTON method under a suitable hydrostatic pull. Thus the moisture content in each layer was maintained in a moderate degree and practically constant, and the amount of water transpired and absorbed from each layer by the plant could be determined by the loss in the water reservoir of the irrigator. Fertilizers were applied at the following rates, mixing with the soil of each layer before filling:

Plat \ Soil layer (Thickness in cm.)	I (20)	II (20)	III (30)	IV (30)	Total (100)
A	3	0	0	0	3
B	3	3	0	0	6
C	3	3	4.5	4.5	15
D	6	0	0	0	6
E	5.25	5.25	0	0	10.5
F	10.5	0	0	0	10.5

Unit: Kwan per tan for each gradient.

Placing the containers in a glasshouse, an upland rice plant was grown in each.

2. Factors constituting the yield of grain were affected by the conditions of the experiment in the following way (Tables I, II, III and IV.):

a) The tillering was determined mainly by the fertilizers applied in the first layer, those in the lower layers showing scarcely any effect. In the plats fertilized abundantly in the first layer the plants started and finished tillering rather earlier than in those poorly fertilized in the same layer. In the total number of tillers, however, no conspicuous difference could be detected among all the plats. Though fertilizers in the lower layers were not effective on the tillering itself, the growth of tillers was accelerated by them rather markedly. Thus the yield of straw was bigger, as the amounts of fertilizers were increased, when all were applied in the first layer if the amounts were equal, and when the lower layers were also fertilized.

b) The numbers of spikelets per ear and per plant varied among the plats in the same order as the yield of straw, but more conspicuously than the latter.

c) The ratio of fertility of grains (the ratio of the number of ripe grains to that of spikelets), which appeared to be determined by the nutritive condition of the plant at the flowering stage, varied also in the same order as the yield of straw and the number of spikelets, and hence the number of ripe grains of a plant varied more markedly.

d) The weight of 1000 grains was generally smaller in the plats fertilized abundantly in the first layer than in those fertilized poorly in the same layer, and fertilizers applied in the deep layers seemed somewhat effective in making them heavy. Considering that the accumulation of reserve materials in grains would be affected by the photosynthetic activity in the ripening period and this would roughly parallel the transpiring activity, an attempt was made to determine whether there was or was not any relationship between the transpiring activity in this period and the weight of 1000 grains. The comparative transpiring activity in the ripening period was expressed with the ratio of the amount of transpiration per day in this period to that in the heading period when the plant showed the maximum transpiration. It was found that, in the latter half of the ripening period the plant fertilized poorly in the first layer and having heavier grains showed higher comparative transpiring activity than the others, though in the first half of this period any conspicuous relationship could not be detected between these two numbers. From these results and those of other experiments the authors have performed, they are inclined to conclude that, in the plats fertilized abundantly the growth of plants was affected beneficially till

the beginning of the ripening period, but in the later period the photosynthetic area being rapidly decreased as compared with the number of grains, on account of the decline of the nutritive condition, the plants could not accumulate so much materials in the grains.

e) The yield of unhulled rice, the resultant of the above factors, was bigger as the amount of fertilizers were increased, when all were applied in the first layer if the amounts were the same, and when the deep layers were also fertilized. On this point the results seem not to agree with those of the experiment on "the effects of the depth of surface soil and the amounts of fertilizers on the growth of rice plants" formerly reported(2). Because in the latter experiment the yield of unhulled rice was bigger as surface soil became deeper and hence fertilizers were distributed in greater dilution and to a deeper layer. Such a disagreement, however, may be admitted. Because in both experiments the effects of the soil conditions on each factor constituting the yield were similar, and yet the resultant yields were different according to the combination of these factors.

3. From the above it may be seen that, nutrient salts in the deeper layers showed their effects as the plant grew, but those in the surface layer were most effective almost all through the life. And, as will be stated later, the greater part of the water consumed by the plant was supplied from the first layer. These are a notable contrast to the fact that nutrients in the deep layers were utilized by some dicotyledonous plants grown under similar conditions from their early stage, and hence they were more effective than in the case of cereals. This seems to be explained from the root development. The root system of the cereal plant consists largely of nodal roots which increase in number from its early stage till the ripening period. Hence the plant has its active roots almost all through the life in the surface layer. While, in the cases of some dicotyledonous plants, the tap root grows into deep layers first and then fine branches develop from it, which are gradually replaced by newer ones. Thus the plant can utilize nutrients in a deep layer even in its early stage, and yet the most active part of the root system tends to move to deeper layers as it grows.

4. After harvested the tops, the amount of roots in each layer was investigated. The results are shown in Table V, from which the following facts may be recognized:

a) Although the amount of roots in each layer decreased with it depth, they developed especially well in layers abundantly fertilized. Similar results were also obtained in other experiments with other plants, previouly reported (1). The amounts of roots in each layer, however, appeared to be conditioned by the

whole development of the root system. Thus a good development in a particular layer showed a tendency to check the growth in another. For example, in the plat C, where all layers were uniformly fertilized and hence roots developed well even in the deep layers, the development in the first layer was poorer than in the plats A and B, in spite of the fact that this layer of each plat was equally fertilized. Such facts were also observed in the other plats.

b) The development of roots in each layer seemed to be conditioned by the growth of the top. Thus even in the same plat, if the number of tillers was rather small and every tiller grew uniformly well, the roots developed more poorly in the surface layer and better in deep layers than in the contrary case. It may be explained that, if the plant tillers too many, many nodal roots from many stems cannot develop into deep layers and hence the stems cannot grow uniformly well.

5. As to the absorption of water by the plant from different layers it may be summarized as follows (Table VI):

a) The mode of absorption of water from different layers varied according to the mode of the growth of the top even in the same plat. If every tiller of a plant grew well and hence had uniformly a large ear, the plant tended to absorb comparatively much water from deep layers. While, if the plant tillered too much but had ears which were not uniform, it absorbed relatively much water from the first layer. A similar phenomenon was observed in the development of roots as stated in the preceding paragraph, but it was more marked in the mode of water absorption.

b) Although the mode of water absorption showed a variation even in the same plat and hence it seems rather difficult to find any relationship between this and the conditions of the experiment, it may be stated that the distribution of fertilizers among soil layers affected the growth of the top and the latter in turn conditioned the mode of water absorption.

c) In the layer fertilized abundantly roots developed well but did not absorb so much water proportionately to their development. It may be explained that, since in such a layer the water absorption was resisted by the higher osmotic concentration of the soil solution, roots increased their absorbing area to adapt this condition. At any rate, it is of interest to state that, even under different conditions of fertilization, if plants grow similarly they show similar mode of water absorption in spite of their different root development.