

### Ⅲ タマネギの生産阻害要因と水管理ならびに窒素施肥の影響

先述のようにタマネギ畑土壌はその連作経年化に伴ない養分蓄積が進み、この過程で種々の蓄積段階の土壌が存在する。また土壌の理学的条件も産地拡大によって広い範囲にわたるようになり、過乾となりやすい土壌もみられる。とくに早魃年は欠株や腐敗球が多発し低収となる傾向がみられるので、まずタマネギの収量・収量構成要因と欠株・腐敗の関係进行调查し、次いで生育収量に及ぼす土壌水分条件の影響を検討するとともに、土壌水分と関係の深い窒素施肥の影響についても2・3の試験を行なった。

#### 1. タマネギの欠株・腐敗球と収量の関係

タマネギの収量(一般的に販売可能な規格内球の収量をいう)は、規格内球数(球径4.6~5.8cmの

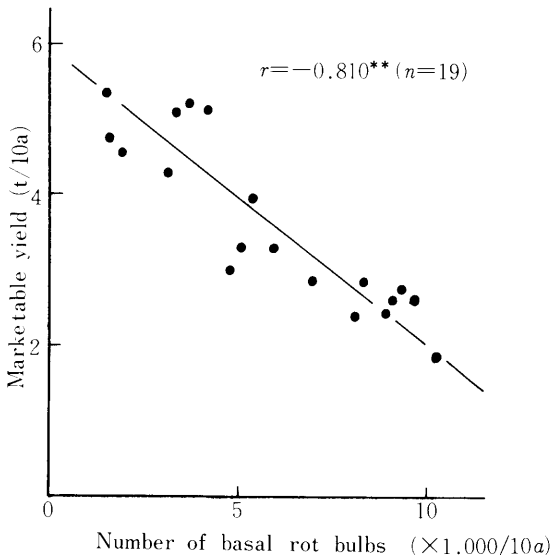


Fig. 14. Correlation between number of basal rot bulbs and marketable yield(1973, Furano area).

S玉およびそれを超えるM, L, 2Lなどの規格に区分される<sup>126)</sup>の球数の多少と、その球肥大の大小に支配される。前章の土壌実態調査の中で最初の1973年富良野地区では、全般的に乾腐病が多発した<sup>37,95)</sup>ため規格内球数の減少が激しく、低収畑が多かった。そこで収量と収穫時腐敗球数の関係を見ると (Fig.14) 高い負の相関がみられ、腐敗球が多発するほど規格内球が減少するので低収となった。

また同時に欠株の発生も多く、図示しなかったが欠株と腐敗球の合計数と収量の間には一そう明瞭な負の相関があった。欠株は早期に乾腐病に罹病枯死したものが多く、乾腐病発症程度が規格内球数の多少に大きく影響して収量を支配していた。

さらに1973年および1974年に北海道立中央農業試験場内および現地農家圃場で行なった各種施肥試験・土壌管理試験<sup>35)</sup>についても、収量と欠株・腐敗球数の関係を取りまとめFig.15に示した。

2か年の欠株・腐敗球数および収量には大きな差があり試験地や試験の種類間の差も大きかったが、収量と欠株・腐敗球合計数は高い負相関が年次ごとに認められ、欠株・腐敗球の多発による規格内球数の減少が低収要因となっている。またこの関係は試験の種類ごとにみてもほぼ同様な傾向がみられた。

次にこれらの収量と規格内球の平均球重の関係を調査した結果、それぞれ高い正相関(富良野地区  $n=20$ ,  $r=0.648^{**}$ , 1973年場内および現地試験地  $n=36$ ,  $r=0.875^{**}$ )が認められた。収量は規格内球数とその平均球重の積で表わしうるので、それぞれと高い相関がみられるのは当然である。しかし規格内球の平均球重と腐敗・欠株数の関係を検討した結果、乾腐病の多発により規格内球数の減少が著しい条件ではFig.16に示すように平均

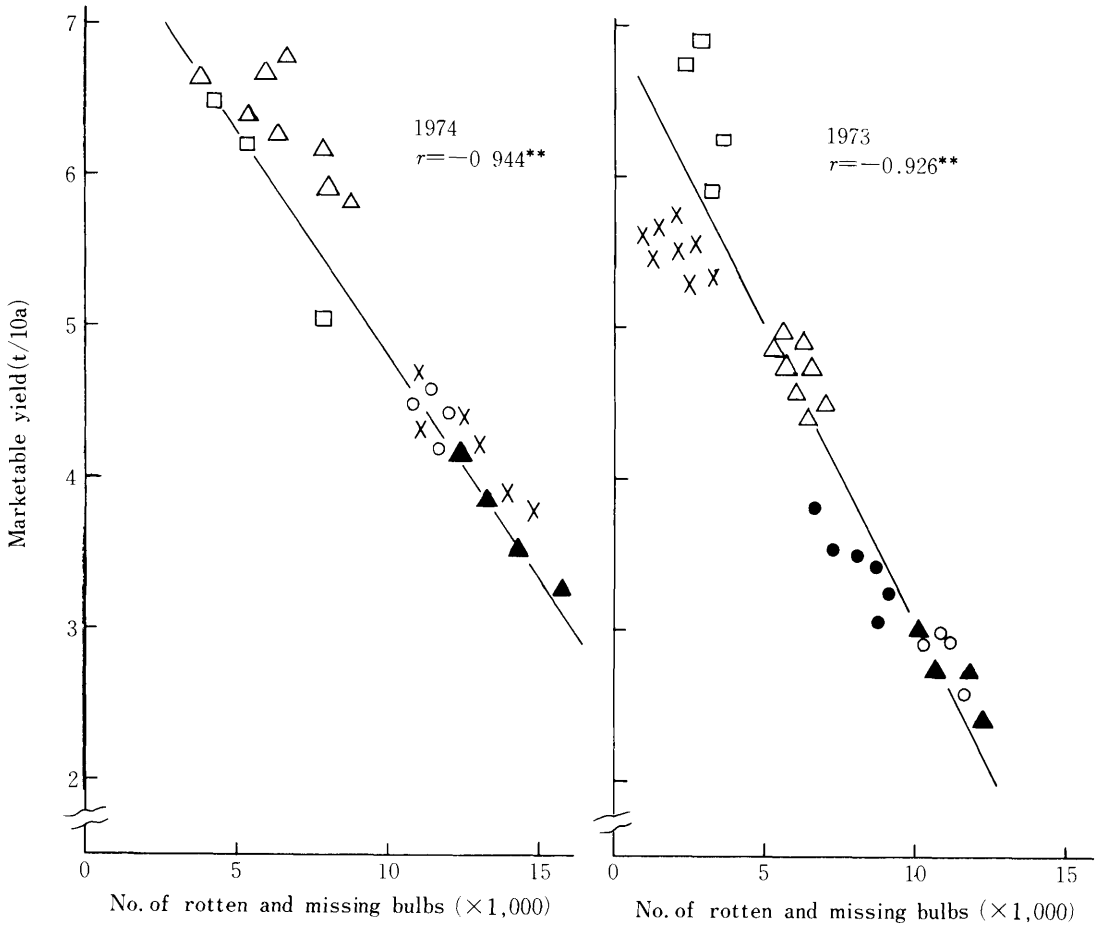


Fig. 15. Correlation between yield and number of basal rot bulbs included missing plant (cultivation testss at experiment station and Iwamizawa).

- Notes
- Test of N application rate in the early field for onion.
  - Test of P application rate in the early field for onion.
  - ▲ Test of K application in the early field for onion.
  - × Soil improvement test in the early field for onion.
  - Test of N application rate in the mature onion field.
  - △ The above test in the mature onion field at Iwamizawa.

球重が低い傾向が明らかで、現地実態調査および栽培試験それぞれについて高い負相関があった。

なお岩見沢および農試熟畑を除く同一土壌条件（農試場内新畑）のみについて上記の関係をみると、点線の回帰直線で示すように一そう高い負相関があった。乾腐病は土壌病害であるため連作を行なうタマネギ栽培では重要な問題であるが、球肥大が抑制されるような生育条件で乾腐病が多発したことは、乾腐病とタマネギ生育環境の深いつ

ながりを示すものと思われる。

次に規格内球数低下の他の要因を検討するため Fig.14に示した現地実態調査および Fig.15の場合内および現地施肥試験について、収穫球数とその内訳などを全体的にとりまとめ Table. 10に示した。

収穫球数・規格内球数や規格外球数などは試験地や年次によりかなりの違いがあるが、規格内球数減少の最大要因はいづれの場合も欠株・腐敗球の多発によるものであった。規格外小球も農試新

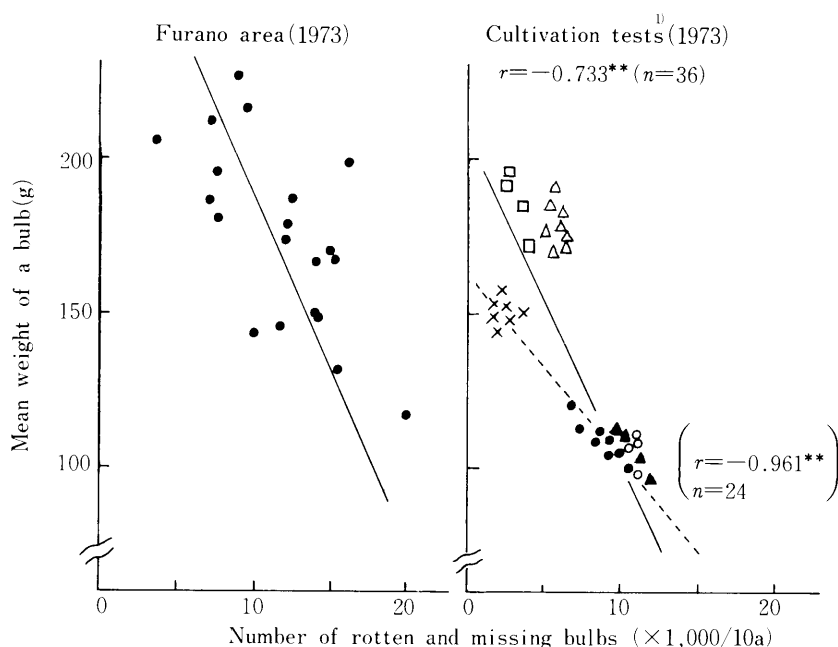


Fig. 16. Relation between mean weight of a bulb and number of rotten bulbs included missing plants.

Note 1). See Fig. 15.

Table 10. Number of harvested bulbs and their itemization in investigation of actual condition of onion cropping and some fertilizer experiments.  
(Per 10a, mean of each area and experiment)

Year	Location and No. of spots or treatments	No. of harvested bulbs	Itemization of harvested			No. of rotten	No. of Missing plants	Total of rotten and missings
			No. of marketable	No. of unmarketable Smalls	Others*			
1973	Furano 20 spots	27,475	20,048	914	0	6,113	5,376	11,489
	Iwamizawa 8 treatments	23,685	21,206	459	159	1,861	4,095	5,956
	Exp. Stat. mature field 4 treatments	32,116	29,304	708	0	2,104	1,217	3,321
	Exp. Stat. early field 16 treatments	27,558	19,656	3,726	7	4,170	5,775	9,945
1974	Iwamizawa 8 treatments	28,621	23,916	294	1,965	2,446	4,712	7,158
	Exp. Stat. mature field 3 treatments	27,861	23,429	205	877	3,450	1,974	5,424
	Exp. Stat. early field 16 treatments	28,080	22,999	1,296	167	3,629	5,253	8,882

Note \*Bolting, Tiller, Long and Cracked dry scale.

畑（とくに初年目）では規格内球数減の大きな原因となったが、規格外小球は球肥大が顕著に抑制された場合に多発し、りん酸肥沃度の低い新畑における低収性は規格外小球の多発や全体的な球肥大不良による<sup>18)</sup>といわれている。しかし規格外小球は新畑の場合でも欠株・腐敗球数に比べればかなり少なく、熟畑（富良野および農試・岩見沢熟畑）では球肥大が強く抑制された1973年であっても極めて少なかった。

なお規格外球のその他の項目には抽苔・分球・長球・裂皮球および青立ちを含むが、分球・裂皮球の多かった1974年岩見沢熟畑を除いてこれらの発生は極めて少なく、1974年岩見沢熟畑でも欠株

・腐敗球の影響の方が遙かに大きい。抽苔発生については幼苗時の低温<sup>18)</sup>や窒素栄養条件との関連<sup>17)</sup>が明らかにされており、年次によって多発する場合がある。稀にみる抽苔多発年であった1976年に抽苔発生率と窒素施肥量の関係を見ると(Table. 11)、明らかに窒素施肥量が少ないほど抽苔発生が多くなるが、無窒素の場合以外の窒素施用条件では欠株・腐敗球数よりもかなり少なかった。また分球・長球・青立ちや裂皮球の発生要因についても日長・温度や栄養条件との関連が知られており<sup>12)</sup>年次・気象・土壌条件により比較的発生の多い場合がある。しかしその発生数は全般的に少なかった。

Table 11. Effect of nitrogen fertilizer bolting of onion plant.  
(1976, Number of bulbs and yield per 10a)

Field	Treatment (N applied kg/10a)	No. of unmarketable		No. of rotten and missings	No. of marketable bulbs	Marketable yield kg/10a
		Boltings	Small and Tillers			
Early field for onion cropping	0	6,670	920	5,160	20,580	2,498
	10	2,920	340	7,650	22,420	4,509
	20	1,420	630	10,300	20,980	4,221
Matur field for onion cropping	0	8,400	140	4,690	20,100	3,957
	10	2,680	0	5,080	25,570	6,297
	20	2,940	0	6,230	24,160	6,311

Note Planting density, 33,330 plant/10a.

規格内球数確保の手段として栽植密度の増加が考えられ、小餅・田中<sup>65)</sup>、三木<sup>74)</sup>は栽植本数40,000株/10aまで多い方が望ましいと述べているが、平均球重の低下や作業上など問題が多い。したがって適正な土壌管理や施肥などによって規格内球数率を高めることが重要であり、本研究ではこの面について主として欠株および腐敗球発生の抑制を検討することとし、併せて球肥大の向上を目的として試験を進めた。

## 2. 土壌水分と生育および欠株・腐敗球の関係

タマネギの収量を支配する欠株や腐敗の主因は多くの場合乾腐病であるが、乾腐病は一般に土壌

乾燥年に多発し、また同一地域でも多発圃は有効土層の浅い場合に多い。よって本項ではタマネギの生育や球肥大・規格内球数確保に及ぼす土壌水分の影響を検討した。

### (1) 試験方法

北海道立中央農業試験場内に設置したレール移動式ビニール屋根を有する12m<sup>2</sup> (3×4 m) の大型枠を用い、1区1枠とし2連制で土壌水分処理を行ない、処理期間は降雨を遮断してタマネギを栽培した。供試土壌は細粒質褐色低地上（夕張川沖積）でその土壌理化学性はTable 12のとおりである。

土壌水分処理はテンシヨメーター法<sup>13)</sup>によるpF観測植（深さ10cm）を指標にして少水分処理5mm

Table 12. Physical and chemical properties of soil used.  
(Properties before onion cropping, Exp. station)

Horizon cm	Particle-size distribution %				Texture	Humus %	Total porosity %	Pore space of available water	
	Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay				pF1.7 ~3.0	pF1.7 ~4.2
0~20	7.6	30.5	33.7	28.2	LiC	2.81	52.4	6.8	26.0
20~45	0.9	28.0	46.9	24.2	SiCL	2.72	46.6	15.3	31.0
45~58	0.2	13.9	51.1	34.3	SiC	2.22	54.5	13.0	20.8

Horizon cm	pH		CEC me/100g	Exchangeable base me/100g			Base saturation %	TRUOG-P P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg /100g	P-absorption coefficient
	H <sub>2</sub> O	KCl		CaO	MgO	K <sub>2</sub> O			
0~20	5.90	4.90	20.8	8.74	8.16	0.50	84.7	21.7	738
20~45	5.85	4.85	20.7	6.50	6.76	0.34	66.6	19.1	728
45~58	5.80	4.71	21.2	7.84	4.87	0.34	86.1	19.5	746

／回、中水分10mm／回、多水分処理15mm／回程度を畦間に設置した塩ビ多孔管により灌水し、1回灌水量・間断日数を変えることによって次の3処理区とした。なお灌水総量は年次や生産量の多少により影響を受けたが、なおむね下記の月間灌水量の範囲であった。

- 1) 多水分条件 (Hと略記) : 月間灌水量 90~100mm, 目標pF 2.0
- 2) 中水分条件 (Mと略記) : 月間灌水量 60~70mm, 目標pF 2.3
- 3) 少水分条件 (Lと略記) : 月間灌水量 20~30mm, 目標pF 2.6

この試験は次の2項目から成り1973年から1975年にわたって行なったものである。

#### i. 生育時期別の水分の影響

1973年は窒素施肥量を20kg/10aとし、外葉伸長期および球肥大期の各時期にそれぞれ上記土壌水分条件3水準を組合せ(計9処理)前半の多水分処理区はH-H・H-M・H-L, 前半の中水分処理区はM-H・M-M・M-L, 前半の少水分処理区はL-H・L-M・L-Lのように表示した。

1974年は窒素施肥量3水準(10, 20, 40kg/10a)で球肥大期までの土壌水分をM条件とした上で倒

伏始め以降の成熟期に前記水分条件3水準の処理を行ない、多水分区は10H・20H・40Hのように表示した。なお参考区として窒素20kg区には倒伏始め以前の土壌水分条件H, 倒伏始め以降M条件(H-M区)を加えて計10処理区とした。

#### ii. 生育前半の水分条件と窒素施肥量

上記試験結果に基づき窒素施肥量3水準(10, 20, 40kg/10a)とし、生育に対する土壌水分の影響が大きい苗活着期から球肥大始めまでの外葉生育伸長の期間について土壌水分処理を行ない(計9処理)、窒素施肥量との関係を含めて水分条件の影響を検討した。処理区は多水分処理の場合10-H, 20-H, 40-Hのように表示した。この試験は1975年に行なった。

供試土壌はタマネギ未栽培土壌であったので初年目に改良資材として10a当たり過石550kg(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 110kg)・推肥2tおよび米糠(N2.5%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 4.6%)100kgを施用した。このために初年目収穫跡地のTRUOG-Pは109mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100gに達した。りん酸および加里は共通肥料としてP<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 40kg・K<sub>2</sub>O 20kg/10aとし、窒素は硫安、りん酸は過石、加里は硫加を使用し耕起後全面施用し深さ15cmに攪伴混合した。

供試品種は「札幌黄」で、標準耕種法に基づき

60日前後の苗を5月中旬に定植した。栽植密度は33.333株/10a、畦巾50cm、株間12cmの複条植え(条間15cm)とした。

なお本研究における収量調査は園芸試験調査基準に従って行なった。すなわち、収穫球を規格内・規格外(腐敗球を含む)に区分し、規格内球については球径で区分(S:4.6~5.8cm, M:5.8~7.0cm, L:7.0~9.0cm, 2L:9.0cm以上)してそれぞれの重量を計測合算して規格内収量とした。規格外球についてもそれぞれの球数と腐敗球を除くそれぞれの重量を計測した。また養分吸収量については腐敗球を除く規格外球重も合算して調査した。この腐敗球以外の規格外球は前記Table.10に示すように通常は収穫全球数の4~5%以下で球重の小さいものが多いので、養分吸収量にはあま

り影響しない場合が多かった。

(2) 試験結果

i. 生育時期別の水分処理の影響

倒伏始めまでの水分処理による土壌水分状態については、Table 13に処理期間のpF観測値出現頻度として表示した。球肥大期は外葉伸長期よりも全般的に土壌乾燥傾向にあったが、処理間の差は各期とも明瞭であった。参考として一般露地圃場のpF分布を表示したが、L-L(全期少水分)条件では少雨乾燥年であった当年の露地よりもpF 2.6を超える高pF出現頻度が高く、またH-H(全期多水分)条件では降雨が平年並にあった1971年の露地よりも明らかに多湿であった。

倒伏始めまでの生育前半の土壌水分処理による

Table 13. Frequency of soil moisture tension in the watering test. (Percentage of distribution)

Observing period	Division of pF	Watering treatment (Top growing stage-bulbing st.)									Natural 20cm*	
		L-L			M-M			H-H			1971 Nomal year	1973 Dry year
		10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm		
Top growing stage 35 days	< 2.0	22.9	48.6	71.4	34.3	82.9	97.1	62.9	91.4	100.0	15.4	4.5
	~ 2.3	20.0	22.9	14.3	25.7	14.3	2.9	17.1	8.6	0	30.8	77.3
	~ 2.6	31.4	17.1	14.3	22.9	2.8	0	14.3	0	0	53.8	18.2
	2.6 <	35.7	11.4	0	17.1	0	0	5.7	0	0	0	0
Bulb developing stage 30 days	< 2.0	3.3	0	13.3	3.3	10.0	20.0	20.0	43.3	86.7	36.5	0
	2.3	6.7	6.7	26.7	30.0	23.3	26.7	26.7	40.0	13.3	20.0	3.2
	2.6	20.0	33.3	30.0	23.3	31.7	40.0	26.7	16.7	0	23.3	64.5
	2.6 <	70.0	60.0	30.0	13.3	30.0	13.3	26.7	0	0	20.0	32.3

Notes Treatment of watering; L, 20~30mm/month  
M, 60~70mm/month  
H, 90~100mm/month

\*Field of natural condition.

収量や規格内球数、L球率(規格内球数に占める球径7.0~8.9cmのL球以上の大球の球数比率)などの変動をみると(Fig.17)、外葉伸長期から球肥大期にかけて土壌水分が多いほど収量が多く、H-H区は規格内球数やその球肥大の良否を示すL球率が最も大きく最高収量を示した。なお処理による規格内球数の変動は収量やL球率の変動より

かなり小さかったが、本試験においても規格内球数減少の最大要因は欠株・腐敗によるものであり、H-H区を除いて多水分条件ほど欠株・腐敗が少なかった。

この水分処理の影響を時期別処理効果として平均値でみると(Table 14)、多水分条件ほど生育が良好であるが7月30日のG.I・葉部乾物重や収量・

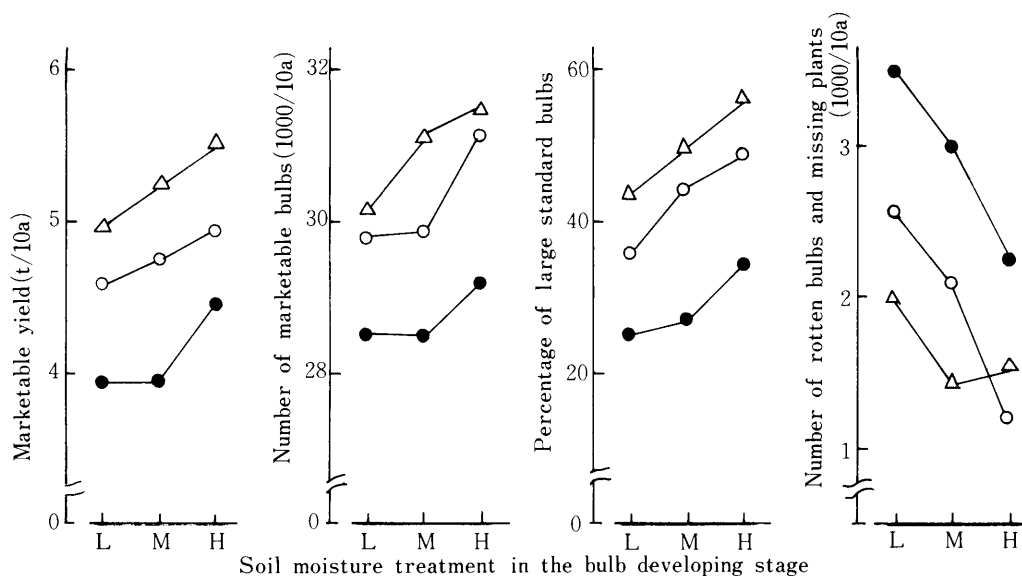


Fig. 17 Effect of soil moisture on yield and yield component

Notes { ●—● Low moisture in the top growing stage  
○—○ Medium moisture in the top growing stage  
△—△ High moisture in the top growing stage

Table 14. Differences of soil moisture effect on growth and yield by treatment period (1973).

Item of investigation		Moisture treatment in top growing stage			Moisture treatment in bulb developing stage		
		L	M	H	L	M	H
Growth index, July 4		438	485	507	477	477	477
Growth index, July 30		611	766	790	703	701	745
Dry matter g/plant	Top and bulb, July 4	2.70	2.92	3.05	2.89	2.89	2.89
	Top, July 30	4.27	5.35	5.70	5.19	5.17	5.12
	Bulb, July 30	8.2	8.3	7.7	9.3	8.1	6.9
	Bulb, Sep. 17	13.6	15.0	16.0	14.6	14.8	15.1
% of tops fallen over, Aug. 3		48.2	13.6	7.5	32.3	28.3	8.8
No. of marketable bulbs × 100/10a		287	304	305	295	294	302
Marketable yield, kg/10a		4,077	4,766	5,248	4,487	4,617	4,967
Mean weight of a bulb, g		142	157	172	152	155	164
% of large bulbs		29.0	42.6	50.5	34.8	40.5	46.8
No. of rotten and missing bulbs/10a		2,911	2,061	1,637	2,750	2,162	1,633

Notes See Table 13.

Moisture treatment in top growing, L; Mean of plots, L-L, L-M, and L-H.  
M; Mean of plots, M-L, M-M, and M-H.  
H; Mean of plots, H-L, H-M, and H-H.

Moisture treatment in bulb developing, L; Mean of plots, L-L, M-L, and H-L.  
M; Mean of plots, L-M, M-M, and H-M.  
H; Mean of plots, L-H, M-H, and H-H.

倒伏状況などの変動は球肥大処理よりも外葉伸長期処理の方が大きかった。なお7月30日の球部乾物重は土壌水分が少ないほど大きい傾向があり、とくに球肥大処理の影響が大きかった。このことは、土壌水分不足による生育抑制条件では球肥大が早められ、とくに球肥大期に入ってから水分不足によって球の肥大が早められたことを示し

ている。また生育が抑制されたものほど倒伏が早まる傾向がみられ、とくに外葉伸長期の水分不足条件で倒伏が早められ、平均球重やL球率の低下と良く対応していた。

次に倒伏始め以降の土壌水分の影響について窒素施肥量3水準で検討した結果を要因別にとりまとめTable.15に示した。

**Table 15.** Effect of soil moisture treatment after lodging in test of watering with nitrogen application rate(1974).

Item	Soil moisture after lodging			N applied kg/10a		
	L	M	H	10	20	40
Marketable yield, kg/10a	4,540	4,599	4,844	5,067	4,678	4,238
No. of marketable bulbs, ×100	269	275	279	286	283	254
No. of rotten and missing bulbs	4,109	3,992	3,798	2,753	4,509	5,577

倒伏始め以降の処理による収量・規格内球数・欠株腐敗発生などの差はほとんどないが、窒素施肥量による変動が大きく窒素多施肥区ほど収量・規格内球数が減じ欠株・腐敗が増加した。なお窒素20kg/10a水準で生育前半をH条件とした参考区を設けたので、前年に続いて生育前半の水分影響を検討するとともに、その効果を倒伏始め以降の処理の影響と比較した(Table 16)。倒伏始め以前の多水分条件は前年と同様に球肥大が良好で収量も高く、倒伏始め以降の処理よりも生育収量に大きな

影響があった。この結果から、生育収量に及ぼす土壌水分の影響は外葉伸展の著しい外葉伸長期に最も強く、倒伏始め以降の成熟期には試験条件として設定したpF2.0~2.6程度の範囲ではあまり影響がないものとみられた。生育前半(倒伏始めまで)の多水分条件は生育を旺盛にし、このような旺盛な生育条件では球の肥大が遅れ倒伏も遅いが、それだけ栄養生長期が延長されることもあって球肥大が旺盛となり収量が増大している。

**Table 16.** Effect of soil moisture treatment in whole growth period on yield and yield components(1974, N 20 kg/10a applied).

Moisture treatment*		No. of marketable bulbs ×100/10a	Marketable yield kg/10a	No. of rotten and missing bulbs/10a	No. of unmarketable bulbs/10a	Mean weight of a bulb	% of large bulbs
Before lodging	After lodging						
M	L	280	4,552	3,464	1,868	163	46.7
M	M	287	4,631	3,398	1,268	162	53.5
M	H	283	4,614	3,664	1,401	163	46.2
H	H	279	5,216	3,510	1,935	187	60.3

**Note** \*Before lodging; From root taking to bulb developing stage.  
After lodging; Maturing stage.

ii. 生育前半の水分条件と窒素施肥量

土壌水分処理の影響が大きい生育前半について窒素施肥量と組合せて水分処理を行なった。苗活

着期から球肥大始めまでの処理期間の土壌水分条件については深さ10cm部位のpF観測値出現頻度として表示しFig.18に示した。定植前に全区20mmの



灌水を行なったので苗活着期から外葉伸長初期にかけての前半は土壌pFが比較的低く保たれていたが、処理期間の全体を通してみればH条件ではpF 2.0以下の出現頻度が多く、L条件ではpF2.6以上が約40%以上に及んでおり、各処理に応じた土壌水分状態を維持していた。

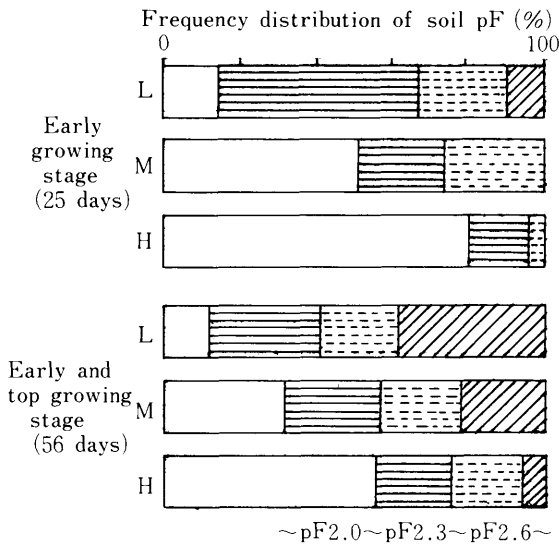


Fig. 18 Observation value of soil moisture with watering treatments.

各処理区の土壌電気伝導度 (EC), 無機態窒素含量の推移については、多水分条件ほど低くまた窒素施肥量の少ないほど低い値で経過したTable. 17)。

このような土壌条件におけるタマネギの生育については、初期生育は低EC・多水分条件ほど良好であった。とくに土壌無機態窒素やECの高かった40-Lおよび20-L区は生育が著しく抑制された (Table. 18)。

初期生育が最も良好であった10-H区は、生育が進んでくると土壌無機態窒素含量が著しく低下し、葉色が淡く次第に生育が劣ってきた。初期生育が次に良好であった20-H区は球肥大始めの無機態窒素含量が10-H区より高く維持され、最も旺盛な生育を示した。一方、球肥大始めに20-H区に次ぐ生育を示した40-H区は、倒伏始めに最大の生育となり生育遅延の傾向があった。

このような生育と土壌条件との関係を検討した結果、土壌ECと初期生育の間にはFig.19に示す相関関係が得られた。

6月9日の10-L区ECは10-M区より低く6月23日のECと対比しても異常値と考えられるのでこれを除外すると、外葉伸長盛期の草丈と土壌

Table 17. Changes of electric conductivity and inorganic nitrogen content in soil by treatment.

Treatment*	June 9				June 23			July 10		
	pH (H <sub>2</sub> O)	EC mmho	Inorg-anic N mg/100g	NO <sub>3</sub> -N mg/100g	EC mmho	Inorg-anic N mg/100g	NO <sub>3</sub> -N mg/100g	EC mmho	Inorg-anic N mg/100g	NO <sub>3</sub> -N mg/100g
10-L	5.39	0.43	7.6	3.8	1.03	7.0	4.6	0.56	4.6	4.1
10-M	4.85	0.48	4.0	2.8	0.60	3.5	1.4	0.47	3.5	3.0
10-H	5.00	0.29	3.3	3.0	0.24	2.3	2.0	0.20	1.0	0.9
20-L	5.05	0.86	13.8	3.5	1.14	10.8	7.8	0.82	8.9	6.9
20-M	5.40	0.53	7.8	4.1	0.63	7.1	5.7	0.53	6.7	5.9
20-H	5.60	0.31	7.0	3.9	0.28	3.2	2.6	0.31	2.9	2.4
40-L	5.20	0.88	20.0	3.7	1.35	15.1	7.1	0.88	13.5	10.4
40-M	5.05	0.53	18.8	3.5	0.83	11.5	6.2	0.67	11.3	6.5
40-H	5.10	0.31	12.4	2.7	0.62	10.0	4.7	0.43	6.2	2.8

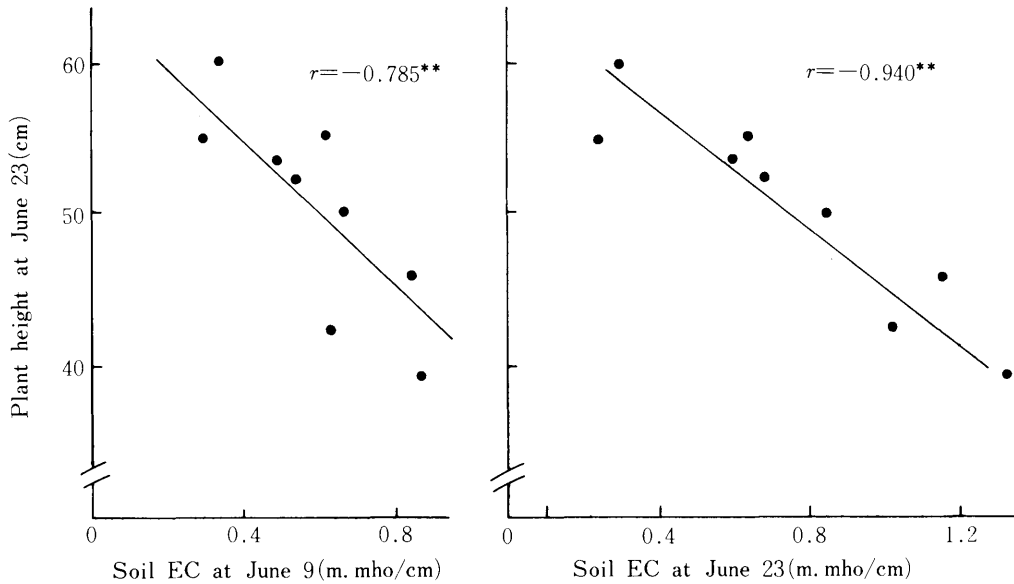
Note \*Amount of N applied kg/10a and soil moisture.

**Table 18.** Changes of growth index by treatment of nitrogen application rate and soil moisture.

Treatment*	June 9	June 23	July 10	Aug. 1
10-L	93	240	500	388
10-M	108	336	664	549
10-H	166	343	673	615
20-L	84	276	511	499
20-M	119	337	663	634
20-H	137	385	732	649
40-L	88	218	417	426
40-M	103	296	675	703
40-H	126	338	701	751

Notes See Table 17.

Growth index = Plant height (cm) × No. of green leaves.



**Fig. 19** Relation between plant height in the top growing stage and soil electric conductivity (1975).

ECの間には高い負の相関があり、外葉伸長初期から盛期にかけて土壌ECが高い場合には生育が抑制された。このような関係はG.IとECの間にも認められ、土壌水分不足および窒素多量施用による土壌ECの上昇が初期生育を強く抑制した。

次に収量や球数・平均球重などをTable.19に示した。

窒素10kg系列を除いて多水分になるほど収量が

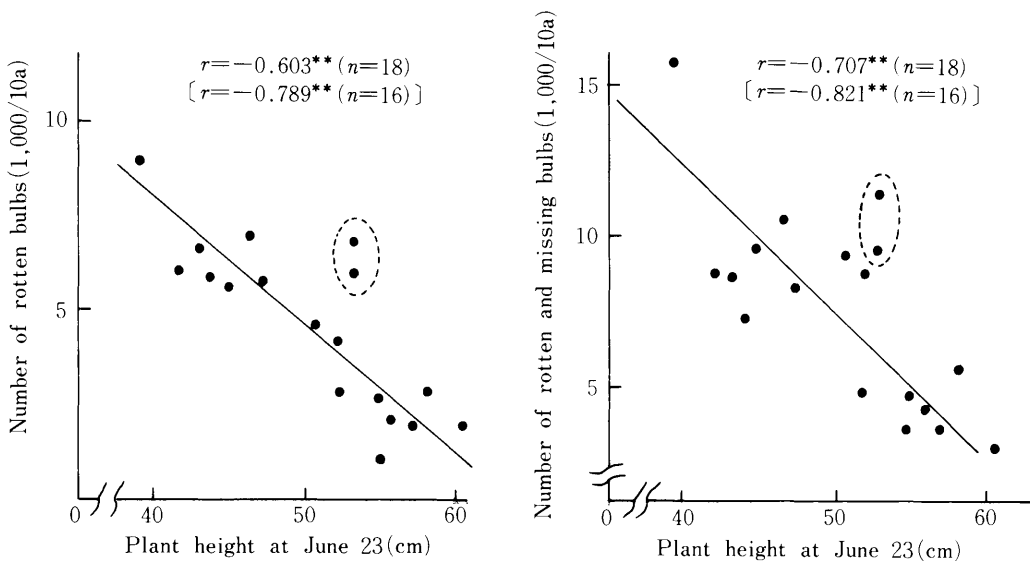
高く、また全体的に窒素40kg系列の各区は低収で、とくに40-L区は低かった。低収の要因は平均球重でみられる球肥大の抑制と欠株・腐敗増加による規格内球数の減少によるものであった。なお欠株・腐敗発生数と生育の関係を検討したところ、Fig.20に示す結果が得られた。

すなわち、外葉伸長期の草丈と腐敗・欠株数の間には高い負の相関が認められ、生育抑制を受け

**Table 19.** Effect of soil moisture with relation of nitrogen application rate on yield and yield components.

Treatment*	No. of marketable bulbs ×100/10a	Marketable yield kg/10a	No. of rotten and missing bulbs/10a	Mean weight of a bulb g
10-L	228	3,070	9,135	135
10-M	265	4,727	5,657	178
10-H	266	4,555	5,213	171
20-L	222	3,087	9,209	139
20-M	253	4,279	7,211	169
20-H	278	5,005	4,843	181
40-L	161	1,661	12,169	103
40-M	226	3,917	9,505	173
40-H	229	4,048	9,727	177

Note \*See Table 17.



**Fig. 20** Relation between plant height in the top growing stage and number of rotten bulbs and missing plants at harvest time.

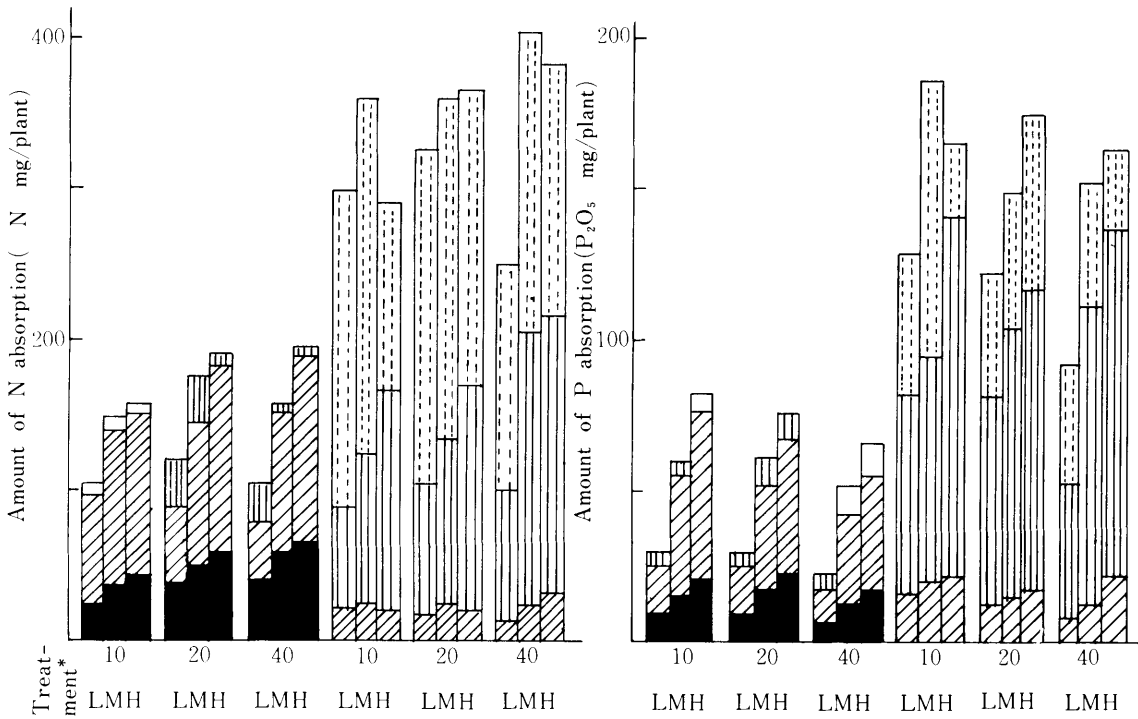
**Notes** Coefficient of correlation in a bracket is calculated with exception of plots in a dotted line, because in their plots some bulbs infected and roted by Botrytis leaf blight and Bacterial soft rot.

ていたものほど腐敗や欠株の発生が多かった。  
次に作物体の養分含有率についてみると(Table. 20), 窒素含有率は各時期・各部位とも窒素施肥量の増大とともに高くなり、また土壤水分が多くな

るほど葉部でやや低下するが球部ではむしろ高く、また一般的な傾向として葉部りん酸含有率は窒素10kg系列の葉部を除いて土壤水分が多いほど高い傾向がみられたが、処理による影響は窒素・りん

**Table 20.** Changes of nitrogen, phosphorus and potassium content in onion plant by treatment of nitrogen application and soil moisture.

Treatment*	Content in leaf (%)						Content in bulb (%)					
	July 10			August 1			July 10			August 1		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
10-L	2.68	0.76	5.66	2.81	0.81	6.10	0.93	0.73	2.26	1.02	0.94	2.62
10-M	2.49	0.95	5.41	2.32	0.95	4.94	1.08	0.86	2.61	1.15	0.86	2.30
10-H	2.12	1.10	5.29	2.52	1.25	5.49	0.93	0.87	2.88	1.21	1.02	2.37
20-L	2.68	0.70	4.85	2.91	0.64	5.58	0.92	0.68	2.17	1.20	0.94	2.49
20-M	2.62	0.93	5.59	2.49	0.89	5.04	1.25	0.80	2.60	1.28	1.00	2.41
20-H	2.55	0.95	5.69	2.39	0.95	5.30	1.10	0.85	3.01	1.58	1.10	2.56
40-L	3.16	0.66	4.45	3.10	0.63	5.43	1.24	0.55	1.87	1.63	0.87	2.39
40-M	3.01	0.94	5.97	2.86	0.73	5.84	1.53	0.81	2.79	1.81	0.98	2.60
40-H	2.81	0.98	5.87	2.71	0.81	5.73	1.53	0.96	3.15	1.74	1.11	2.64



**Fig. 21** Effect of N application and watering treatment on the absorption of nourishment.

**Note** \* See Table 17.  
 Aug. 1~Sep. 12  
 July 10~Aug. 1 (decreasing)  
 July 10~Aug. 1  
 June 23~July 10  
 ~June 23

酸含有率に比してあまり明確でない。

また窒素・りん酸の時期別含有量をみると(Fig. 21), 多水分条件になるほど生育初期から養分吸収が多かった。

葉部窒素含有量は窒素施肥量が多くなるほど、また多水分条件になるほど増加した。しかし生育が強く抑制された40-L区は生育中期以降の吸収が10-L区、20-L区より少なかった。同様に葉部りん酸含有量は多水分条件ほど多くなるが、窒素施肥量が多くなるほど減少した。すなわち同一施肥量で土壤水分が多くなると、窒素吸収増加に伴ってりん酸吸収も増加して生育が旺盛となる。しかし窒素増施に伴って窒素含有量が増加する場合は、土壤ECの上昇による生育阻害もあってりん酸吸収が低下している。

球部(りん茎)の窒素含有量は球肥大始めごろ(7月10日)まで処理の影響があまり明確でなく球肥大の遅速に支配される面が大きいが、球肥大期以後の増加量は一般に多水分条件ほど大きかった。しかし10-H区は土壤無機態窒素の減少に伴ない倒伏始め(8月1日)以降の吸収が著しく劣り、また40-H区は成熟が遅延して倒伏始め以降の含有量増加が劣った。一方、りん酸含有量は葉部と同様に土壤水分が多くなるほど多く、窒素施肥量増加に伴ない減少する傾向がみられた。なお10-H区の倒伏始め以降のりん酸含有量の増加は窒素と同様に少ない。窒素吸収低下による球の肥大不良が影響したと推測される。

### (3) 考 察

秋播きタマネギに対する土壤水部の影響については多くの研究があり、東ら<sup>6)</sup>、川出ら<sup>59)</sup>は外葉伸長期の多水分条件が生育を旺盛にし球肥大を増大させることを報告し、位田<sup>46)</sup>は時期別土壤乾燥の影響を検討して栄養生長最盛期の水分不足が最も球肥大を低下させることを認めた。

本道の春播きタマネギの定植期の5月は、桜谷・羽生<sup>98)</sup>が指摘するように土壤乾燥が進みやすい時期であり、5月から6月にかけてしばしば寡雨条件が続くことがある<sup>88)</sup>。タマネギは根域の浅い作物である<sup>123)</sup>ので、土壤乾燥は生育収量に大きく

影響することが多い。また土壤中の養分とくに窒素の動向は土壤水分の多少やその移動に影響されるので、野菜栽培においては窒素施肥量によって灌水点・灌水量などの水分管理技術が変動する<sup>61, 136)</sup>。そこで春播きタマネギについて窒素施肥量との関連で生育時期別土壤水分の影響を検討した。

苗を定植する作物の栽培では定植時の土壤水分がその後の生育を大きく支配するので、本研究では定植時には灌水を行ないその活着をまって土壤水分処理を行なった。この結果、春播きタマネギに対する土壤水分の影響は外葉伸長期から球肥大期にかけて大きく、とくに外葉伸長期の影響が強かった。本研究で設定した月間灌水量60~70mm(目標pF2.3)および20~30mm(目標pF2.6)の土壤水分処理では生育を抑制し欠株・腐敗を増大させ減収となった。このような土壤水分不足条件では土壤ECが上昇して生育を抑制したが、養分吸収についてはとくにりん酸吸収を低下させた。生育やりん酸吸収の抑制は窒素増施の場合とくに強く、慣行の窒素20~30kg/10a施肥条件でも影響が大きく現われた。DUNHAMら<sup>15)</sup>によればタマネギりん酸吸収は土壤水分不足の影響を最も強く受け、他の要素よりも吸収が抑制されるという。本研究でも水分不足によるりん酸吸収抑制を認めたが、同時に多量の土壤無機態窒素の存在が結果的にりん酸吸収を抑制することも認めた。坂上・水沼<sup>97)</sup>は、秋播タマネギの生育後半の土壤水分不足による生育抑制・球肥大低下はりん酸・加里増施の場合に緩和され、吸収抑制は加里>りん酸・苦土>石灰>窒素の順であると報告しているが、本研究では加里の吸収阻害についてはりん酸ほど明らかでなかった。

タマネギは耐塩性の弱い作物<sup>91)</sup>といわれており、本研究でも土壤水分不足のみならず窒素増施による土壤ECの上昇が生育を抑制しているが、前記の養分吸収には塩類濃度障害の影響もあったと推測される。

養分吸収と生育の関係については、前記のように外葉伸長期の生育が旺盛なものほどりん酸含有率や含有量が大きく、窒素含有量もこれに伴って大きかったが、次にこのような栄養生長の大小

が球肥大に及ぼす影響を検討した。球肥大始めの草丈と収穫時の球径の関係を1974年に調査した結果、両者の間に高い正相関を認め (Fig.22)、さら

に1975年の各処理区平均草丈と収量およびL球率の関係についても Fig.23に示すようにそれぞれ高い正の相関があった。

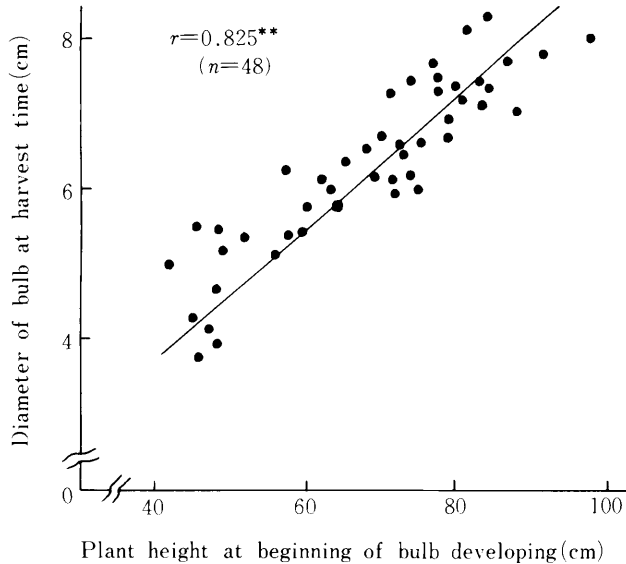


Fig. 22 Correlation between plant height at beginning of bulb developing atage and bulb diameter at harvest time(48 plants, 1974).

すなわち、球肥大始めごろの栄養生長量が大きいほどその後の球肥大が良好で収量が高まることが明らかであった。青葉<sup>4)</sup>はタマネギの球肥大始めの旺盛な生育がその後の球肥大を良好にすることを認めている。しかし土壌無機態窒素の減少が著しい多水分・窒素少肥条件 (10-H区) では、倒伏期以降の養分吸収が不足し球肥大が十分でない場合もあった。

なお倒伏始め以降の土壌水分条件は、本研究の範囲内の水分処理では収量に大きな影響を与えなかった。地上部の倒伏は発生する新葉が葉鞘のみのいわゆる鱗葉に変化していくことによって生ずる<sup>12)</sup>ので、栄養生長部位 (光合成器官) の減少衰退期における水分不足条件 (月間灌水量20~30mm, pF2.6程度) は、球の成熟に若干の悪影響を与えるとしても収量には大きく影響しなかったものであ

ろう。

これに対して、栄養生長部位の増大やその維持に影響の大きい倒伏始め以前の水分処理は収量を大きく変えた。とくに多水分条件では倒伏が遅れ成熟期間が延長し、窒素栄養条件が好適な場合には球肥大が良好となった。DRINKWATERら<sup>14)</sup>も、土壌窒素不足が制限要因とならない場合には灌水によって成熟が遅れるが多収となることを報告している。

土壌水分条件の改善については、土壌保水性の増大と直接的には灌水によって可能である。しかし毎年耕起し春耕期に定植する作物に対する早期灌水開始は農作業上問題があり、しかも低温時の灌水は生育に悪影響がある<sup>103)</sup>。タマネギ畑で灌水施設を有する農家もみられるが灌水開始は遅れ<sup>51)</sup>、またほとんどの農家は無施設である。さらに実際

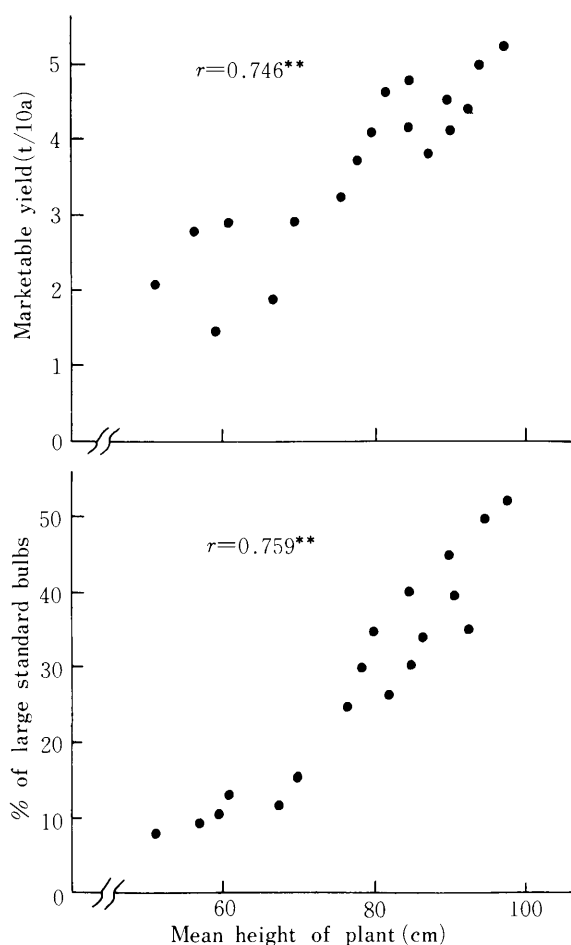


Fig. 23 Correlation between plant height at beginning of bulb developing stage and yield, percentage of large standard bulbs(1975).

の灌水の場合には空気伝染性の軟腐病・白斑葉枯病などの茎葉羅病病害の助長の悪影響<sup>96)</sup>や貯蔵性低下の危険性などの問題がある。したがって過剰施肥を避けて土壤水分不足の影響を緩和することがまず第一で、併せて土壤保水性増大のための土壤管理対策が重要であろう。

なお土壤水分の影響は生育収量に対してのみではなく、その品質・貯蔵性に対しても大きな影響を与えている。著者らは別報<sup>52)</sup>において本試験収穫球などの貯蔵性を調査した結果、pF2.0程度までの外葉伸長期の多水分条件は風乾減量率や萌芽遅延の面で貯蔵性を高めることを明らかにした。さらに貯蔵中の腐敗は一般的に本畑での腐敗や欠

株の発生率が高いほど多発すること、適正水分条件および施肥は欠株・腐敗を抑制し貯蔵中の腐敗を低下させるなどの結果を得ている。東ら<sup>6)</sup>が指摘しているように結球期(球肥大期)以降の湿害抵抗性は低下するので、川出ら<sup>59)</sup>、川崎<sup>63)</sup>の報告と同様に本道の春播きタマネギでも球肥大期以降の過湿条件は貯蔵性を著しく低下させている<sup>52)</sup>。しかし球肥大期の月間灌水量90~100mm程度の多水分処理(目標pF2.0)は外葉伸長期ほど明瞭でないが貯蔵性をやや高めている。

上記の諸点から推測すると、近年における道産タマネギの品質や収量の低下は、土壤水分環境に適正を欠く新畑の急激な拡大や一般的な多肥化傾向を要因として指摘することができる。乾腐病多発圃場は砂砕層の浅い砂質土や、逆に水田転換もない重粘で碎土性の劣る土壤に多いことは良く知られており、また網走地区におけるタマネギ畑土壤実態調査<sup>36,90)</sup>でも乾腐病多発地土壤の特徴は保水力の劣る浅礫層砂土型土壤であった。したがって土壤水分環境は生育収量やその品質向上の面に重要な意義をもっているものと思われる。

### 3. 生育収量に及ぼす窒素施肥の影響

前項のように窒素施肥適量は土壤水分条件によって異なるが、一般圃場における春播きタマネギの施肥量については南・古山<sup>75)</sup>が直播栽培で検討し、窒素8~12kg/10a, りん酸( $P_2O_5$ )10~15kg/10aが適量であることを報告している。しかしりん酸施肥効果が大きく、これに加えて移植栽培によって収量が向上したので、現行の北海道施肥基準<sup>30)</sup>はここ10年ほど窒素15kg, りん酸( $P_2O_5$ )25kg, 加里( $K_2O$ )15kg/10aとなっている。これに対して農家慣行施肥量はこれを著しく上回っている場合がほとんどである。そこで一般圃場において窒素施肥が生育収量や収量構成要因に及ぼす影響を再検討し、窒素適量の範囲を明らかにしようとした。

#### (1) 試験方法

##### i. 窒素用量試験

北海道立中央農業試験場内のタマネギ新畑およ

び熟畑圃場ならびに岩見沢市農家熟畑で、10a 当たり窒素施肥量10, 20, 30および40kgの各処理区を設け1973~1974年の2か年試験した。りん酸( $P_2O_5$ ) 40kg, 加里( $K_2O$ ) 20kgを共通肥料として過石・硫加で施用し、窒素は硫安を用いた。施肥法は前年秋耕起(18cm前後)した圃場に春全面施用し、ローターベーターで約15cm深さに全層混合した。場内新畑は1区12m<sup>2</sup>, 他の熟畑は1区15m<sup>2</sup>の各処理3連乱塊法とし、各試験地とも「札幌黄」の60日前後の標準苗を移植栽培(5月1~7日定植)した。栽植密度は新畑については前項の試験と同じく10a 当たり33,333株であるが、熟畑については機械移植(単条植え)としたので岩見沢試験地は初年目27,777株, 2年目33,333株, 場内熟

畑試験地は初年目34,453株, 2年目29,481株であった。

なお、場内新畑は1972年秋耕時に新畑土壌改良(過石550kg,  $P_2O_5$ 成分として110kgおよび米ぬか100kg/10a施用)を行なった造成新畑で、その土壌断面・理化学性は前項 Table. 12のとおりである。場内熟畑は新畑の隣り区画で、農家が8年ほどタマネギ栽培を続けた熟畑である。土壌断面は新畑と同様であるが、TRUOG-P 含量は高く土壌管理が良く行なわれており、碎土性が良好で生産力の高い圃場である。岩見沢市農家熟畑も生産力の高い圃場である。これら3試験地の作土理化学性を Table. 21に示した。なお試験地の土壌はすべて褐色低地土である。

Table 21. Physical and chemical properties of soil in test fields.

Field*	Particle-size distribution %				Texture	Pore size distribution %			
	Coarse	Fine	Silt	Clay		pF 0-1.5	pF 1.5-3.0	pF 3.0-3.8	Total porosity
A	2.1	42.9	35.2	19.8	LiC	11.2	11.6	5.5	55.0
B	12.1	39.5	31.0	17.4	LiC	15.8	14.3	6.9	62.1
C	5.4	20.3	44.9	29.4	LiC	—	—	—	—

Field*	pH (H <sub>2</sub> O)	CEC me	Exchangeable base me			Base satu- ration %	T-C %	T-N %	Easily decomp- osable N mg	Extracted N with hot water mg	TRUOG-P P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg
			CaO	MgO	K <sub>2</sub> O						
A	6.23	20.0	9.30	5.35	0.72	77	1.63	0.17	2.00	3.26	66.7
B	6.59	19.6	11.07	5.21	1.57	91	1.79	0.19	2.67	5.89	146.0
C	5.85	20.4	14.10	1.34	1.57	83	2.00	0.24	3.79	—	180.6

Note \*A; First field for onion cropping in Exp. station.

B; Mature field of onion in Exp. station.

C; Mature field of onion in Iwamizawa.

## ii. 乾腐病発生に及ぼす窒素施肥の影響

北海道立中央農業試験場内のタマネギ未栽培土壌を充填した0.5m<sup>2</sup>(71cm×71cm)コンクリート枠を用い、自然降雨条件と降雨制御条件の2系列を設け、窒素肥料として塩化アンモニア(塩安と略記)・チリ硝石(智硝と略記)・尿素を供試して窒素用量試験を行なった。窒素施肥量は10, 20, 40 kg/10aの3水準とし、他に参考区として硫安による窒素20kg区を設け2連制で試験した。

なお定植前に新畑土壌改良のためりん酸( $P_2O_5$ ) 150kg/10aを過石で施用するとともに、共通肥料として加里( $K_2O$ ) 20kg/10aを硫加で施用しスコップで15cm深さまで混合攪拌した。またタマネギ作付歴のない土壌であるので、2か年間タマネギを栽培した場内の乾腐病多発圃の土壌を同時に混合(0.5m<sup>2</sup>当たり5kg)した。

この試験は1975年5月7日に施肥し、5月14日に「札幌黄」普通苗(60日苗)を定植した。降雨



制御は多雨時にあらかじめ設置した木骨屋根にビニールを被覆して行なった。なお病害発生の調査を主眼としたので、枠当たり49株(98,000株/10a)とし標準耕種法の約3培の密植栽培をした。

iii. 窒素追肥が生育収量に及ぼす影響

北海道立中央農業試験場の新畑および熟畑、砂川市農家熟畑の3試験地で、基肥窒素10および15kg/10aに対して窒素5kg/10aの追肥を行ない、その影響を分施(一定施肥総量における施肥配分)または追肥(一定基肥量に対する追肥)の効果として時期別に検討した。処理区は基肥窒素0, 10, 15, 20kg/10aの4区のほか、基肥10kg追肥5kg/10a, 基肥15kg追肥5kg/10aの処理を行なった。ただし追肥の時期は1978年には6月1日(追肥B)および6月15日(追肥C), 1979年には5月20日(追肥A)および6月1日(追肥B)の2処理区を設けた。

1区面積は農試新畑12m<sup>2</sup>, 両熟畑試験地20m<sup>2</sup>とし品種「札幌黄」を供試し2連制で試験した。1978年は農試新畑および砂川熟畑の2か所のみ試験したが、両試験地とも平年並の5月11日に標準の60日苗を定植した。しかし1979年は春先きの好天に恵まれ、砂川では54日苗を5月2日に、農試熟

畑では52日苗を5月4日に定植し、農試新畑のみは59日苗を5月11日に定植した。栽植密度は農試新畑・熟畑ともに10a当たり33,333株、砂川熟畑は31,506株であるが、農試熟畑・砂川熟畑は機械移植である。共通肥料としてりん酸(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)40kg/10a, 加里(K<sub>2</sub>O)20kg/10aを過石・硫加で施用し、窒素は硫安を用いた。基肥はローターベーターで深さ15cm程度に混合攪拌した。

これらの3試験地はどれも褐色低地土である。その土壌化学性については、農試新畑および農試熟畑は前記Table 21のとおりであるが、砂川熟畑土壌は粘土12.8%, シルト20.9%, 細砂57.2%のSLで、有効水孔隙量がpF1.5~3.0領域14.3%, pF3.0~3.8領域6.9%あり、その化学性はpH(H<sub>2</sub>O)6.45, CEC15.2me, 塩基飽和度101%, TRUOG-P含量は77.6mgP<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/100gで生産力の高い土壌であった。

(2) 試験結果

i. 窒素用量試験

一般的にみると1973年は5~6月に寡雨, 1974年は逆に降雨の多かった年次(Table 2)であり、土壌乾燥が進んだ1973年は初期生育が不良で外葉伸長が遅延し低収であった。各試験とも窒素施肥

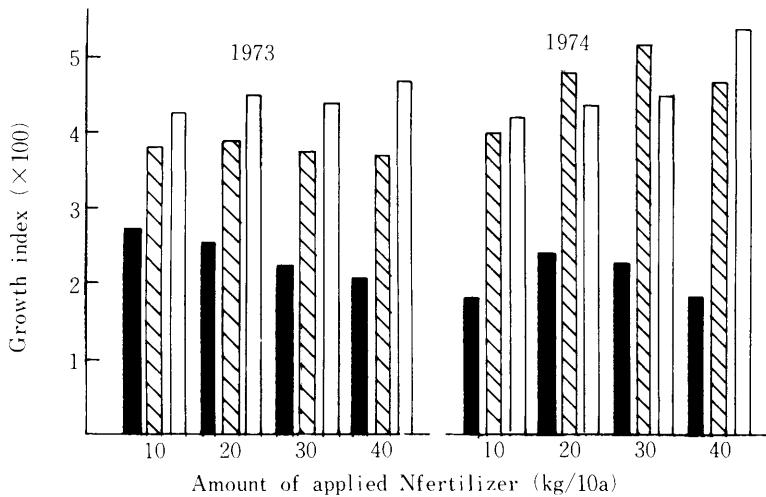


Fig.24 Effect of nitrogen application rate on the growth index.

Note July 2 (1973), June 11 (1974)  
 July 23 (1973), July 7 (1974)  
 July 27 (1973), July 29 (1974)

量増加に伴ない初期生育が抑制される傾向にありとくに碎土が不良であった農試新畑では、生育抑制が大きかった。農試新畑における生育量の推移をFig. 4 に示した。

比較的降雨が多かった1974年でも初期生育は窒素40kg区が強く抑制されたが、兩年ともその後には生育が回復し最終的には窒素40kg区が最大のG.Iを示した。しかし乾燥年の1973年には生育の回復

が遅れ、生育の進展が早かった1974年でも窒素40kg区は7月7日にようやく窒素20kg区に追いついたが、窒素30kg区より劣った。球肥大の早かった20kg区・30kg区は生葉数の減少によって7月29日のG.Iは7月7日より減少したが、40kg区は生育が遅れ、生葉数の減少が軽度なため7月29日のG.Iは7月7日よりも大きくなった。

次に収量調査結果をとりまとめFig.25に示した。

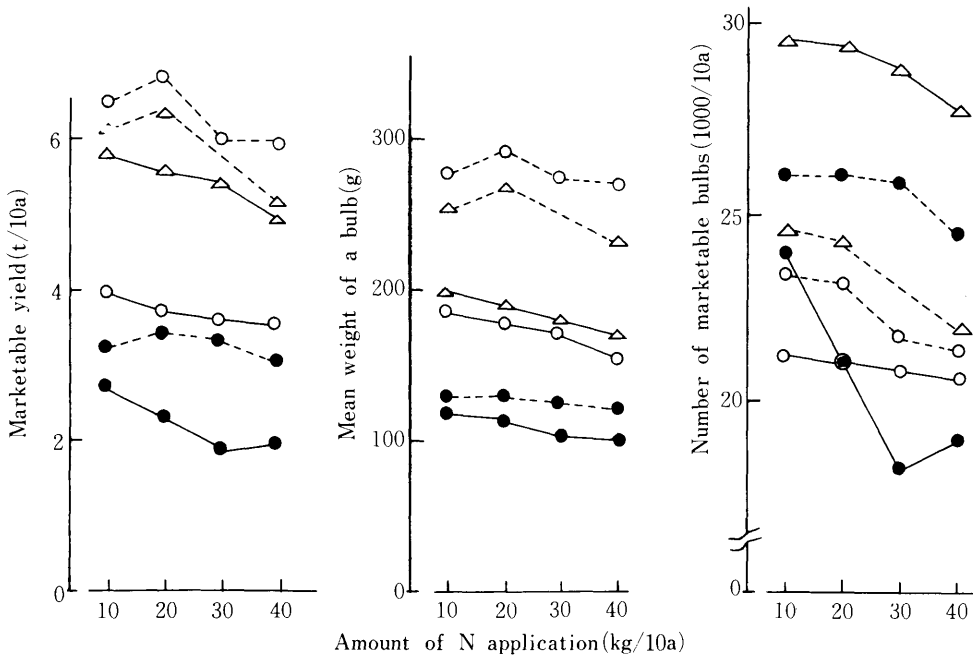


Fig.25 Changes of yield and yield components in the application rate test of nitrogen.

- Notes
- First field for onion cropping in Exp. Station.
  - △ Mature onion field in Exp. Station.
  - Mature onion field in Iwamizawa.
  - 1973
  - - - 1974

規格内収量は農試新畑が著しく低収であったが、各試験地とも降雨が少なかった1973年には窒素10kg区の収量が高く、外葉伸長期に降雨の多かった1974年には窒素20kg区が最高の収量であった。このような年次や処理による収量の変動は規格内球の平均球重の変動と良く一致しており、1973年は窒素増施により平均球重が低下し1974年は窒素20kg区で各試験地とも球重が大きかった。

試験地により栽植密度が多少異なるが処理によ

る収量の変動は規格内球数の減少とも関連がみられ、窒素30kg区および40kg区では規格内球数が減少していた。規格内球数減少の最大要因は兩年とも欠株や腐敗球の増大であり、とくに1973年農試新畑では発生が多く収量を減少させている。各試験地の処理による収穫時の腐敗球数および腐敗・欠株の合計数についてみると (Fig.26), 腐敗球数は明らかに窒素増施により高まり、腐敗・欠株数についても1973年の岩見沢試験地を除いて同様な

傾向がみられる。

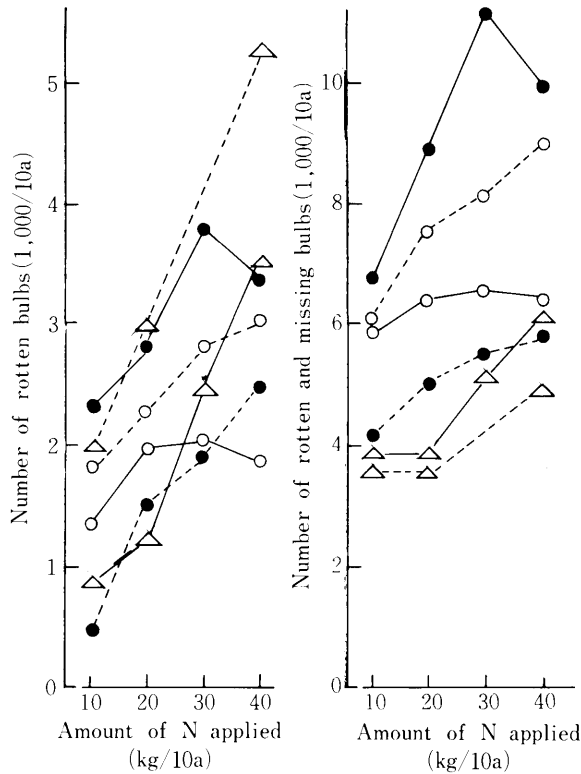


Fig. 26. Effect of nitrogen application rate on the number of rotten and missing bulbs.

Note See Fig. 25.

欠株の原因には土壤乾燥や碎土不良により活着しない株も含まれるが、初期の乾腐病罹病による枯死株が大部分であった。また腐敗球のほとんどは乾腐病によるもので、窒素増施は乾腐病を多発させている。

窒素施肥量増加が平均球重を低下させたことについては、初期生育の不良とともに後期の窒素過剰の栄養条件によるものと推測される。生育初期に寡雨であった1973年は各試験とも一そう平均球重が低かった。

なお農試新畑の生育収量は2か年とも他の熟畑より劣ったが、この原因として土壤の理化学性とくに碎土不良にみられる理化学性の劣ることが大きな要因であろう。Table 21に示すように熟畑に比して粗放な管理を行ってきた新畑の土壤は粗孔隙・有効水孔隙量が少なく、土壤構造の発達が十分

でなく碎土不良のために活着や初期生育を抑制して低収となったものと思われる。

## ii. 乾腐病発生に及ぼす窒素施肥の影響

降雨制御系列における降雨遮断は施肥翌日の5月8日(8mm)、定植後4日目の5月17日(20mm)のほか、外葉伸長期に入って6月5日(20mm)の3回(計48mm)であった。定植後の苗活着期における降雨量は5月16~17日, 20日, 25日, 27日と計50mmに達し、この間は降雨制御系列でも30mmの降雨があったので活着は良好であった。

定植後10~29日目(5月23日~6月19日)までのテンシヨメーターによる土壤pFの測定結果をpF値階層別出現日数の頻度としてTable 22に示した。

畦間の深さ15cm部位は水分処理の影響が明らかであったが、6月以降は半月ほどの間降雨がなく

Table 22. Condition of soil moisture in early growth stage. (Observed from May 23 to June 19)

Depth of soil cm	Treatment	Frequency of soil pF %				Mean of pF value
		pF <2.0	pF ~2.3	pF ~2.7	pF ~2.7	
7.5	Natural rainfall	22.6	36.4	18.2	22.7	2.18
	Rain control*	9.1	4.5	63.6	22.7	2.48
15.0	Natural rainfall	40.9	31.8	22.7	4.5	2.04
	Rain control*	9.1	9.1	68.2	13.6	2.48

Note \*Interception of rainfall; May 8(before transplanting), May 17, 18, June 5, total cut off 48mm.

7.5cm部位は乾燥が進んで自然降雨系列でもpF2.3を超える日数が40%に達した。なお6月20日以降は連続的に降雨があり多湿条件となったが、本研究ではとくに生育初期の土壌水分と乾腐病発生の関係を検討しようとしたので6月20日以降は降雨

制御を行わず多水分条件に放置し、初期における施肥濃度の影響を調査した。

定植後3, 15, 28日目に調査した土壌ECおよび無機態窒素含量をみると(Table 23), 施肥処理による土壌EC・無機態窒素含量の変更は大きかつ

Table 23. Change of electric conductivity and inorganic nitrogen content in soil by treatment.

Treatment		Electric conductivity mmho/cm			NO <sub>3</sub> -N content mg/100g			NH <sub>4</sub> -N content mg/100g			
Applied N kg/10a		I*	II*	III*	I	II	III	I	II	III	
Rain control	NH <sub>4</sub> Cl N 10	10	0.71	1.00	0.91	3.7	5.2	4.9	11.0	6.3	2.2
		20	0.93	1.21	0.98	2.5	5.0	7.8	19.3	15.7	6.7
		40	1.36	1.44	1.35	1.6	2.6	3.1	25.0	38.8	19.7
	NaNO <sub>3</sub> N 10	10	0.75	0.84	0.71	26.9	13.4	13.0	0.6	0.6	0.4
		20	0.75	1.04	0.95	36.4	22.8	19.4	1.2	0.6	0.4
		40	1.40	1.36	1.03	78.9	50.7	39.8	1.2	3.2	0.2
	Urea N 10	10	0.73	0.85	0.62	5.5	6.8	9.5	9.4	6.4	1.4
		20	0.66	0.95	0.71	5.5	13.3	14.0	19.2	13.8	1.9
		40	0.73	1.02	0.87	5.2	11.3	25.0	31.4	22.1	7.0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N 20		0.86	1.00	1.00	3.0	7.1	12.0	19.5	17.5	5.4	
Natural rainfall	NH <sub>4</sub> Cl N 10	10	0.89	0.65	0.32	4.4	5.5	2.0	11.0	5.2	0.4
		20	0.90	0.78	0.48	3.0	4.7	5.6	18.0	15.9	4.4
		40	1.41	1.15	0.73	2.2	3.7	6.3	27.8	32.4	10.8
	NaNO <sub>3</sub> N 10	10	0.65	0.53	0.33	24.7	6.9	2.5	3.3	0.6	0.2
		20	0.82	0.62	0.45	35.9	9.9	3.3	0.5	0.5	0.2
		40	0.97	0.85	0.75	47.9	15.7	6.4	2.1	0.5	0.2
	Urea N 10	10	0.62	0.46	0.42	5.1	6.4	3.6	6.5	0.8	0.2
		20	0.67	0.68	0.46	9.3	10.3	5.6	8.1	4.6	0.4
		40	0.70	0.88	0.57	9.1	16.3	12.5	16.5	16.9	2.2
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> N 20		0.87	0.72	0.57	5.3	7.0	7.2	25.2	13.6	2.6	

Note \*I; May 16, II; May 28, III; June 10.

たが、自然降雨系列でも土壤の乾燥が強かったので土壤水分処理による差異は比較的小さかった。なお土壤の採取は主な根域に合わせて3、15日目は深さ5cm、28日目は深さ10cmとし畦間から採取した。

タマネギの生育については、上記の土壤条件でも活着は良好であり、多量施肥区で生育抑制が強かったが5月28日(15日目)の調査時の枯死株は降雨制御系列の一部に僅かにみられた程度であった。この欠株の原因については乾腐病の疑いもあったが、単純な農度障害による枯死との区別が困難なのでこれを除外し、これ以降に発生する腐敗(尻ぐされ)を伴う枯死株および尻ぐされ株について切断したタマネギ茎盤部の病変により乾腐

病を判定し計数を行なった。これらの欠株・腐敗株の発生状況はTable.24のとおりである。

欠株や腐敗株発生状況には土壤水分処理による差もみられたが、施肥処理の影響が著しく大きかった。すなわち自然降雨系列では6月23日までの乾腐病判定株は稀であるが、降雨制御系列の塩安および智硝それぞれの窒素40kg区は発生が多かった。またいづれの形態の肥料でも全乾腐病判定株数は窒素施肥量が多いほど増加した。なお全般的に6月末以降に発病判定数が多くなった。一般圃場における乾腐病発生株の消長は6月下旬以降に急増する<sup>67)</sup>といわれており、本試験における罹病株判定の状況も同じようであった。

Table 24. Differences in occurrence of missing plant and bulb rot by treatment of nitrogen application and rain control. (Number of plants/frame, 49 trasplanted)

Treatment Applied N kg/10a			Missing plant	Basal rot				Total	Bulb rot except basal rot
				May 28	June 9	June 23	Aug.5		
Rain control	NH <sub>4</sub> Cl	N 10	1	0	1	2	6	9	1
		20	1	0	2	1	7	10	1
		40	3	0	7	10	11	28	0
	NaNO <sub>3</sub>	N 10	0	0	2	0	3	5	0
		20	0	0	0	5	4	9	0
		40	3	4	6	12	11	33	3
	Urea	N 10	1	0	2	2	6	10	2
		20	0	0	0	3	13	16	1
		40	0	0	1	4	12	17	0
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N 20	1	1	0	1	16	18	1	
Natural rainfall	NH <sub>4</sub> Cl	N 10	0	0	0	2	4	6	0
		20	0	0	0	2	9	11	2
		40	0	0	0	2	21	23	0
	NaNO <sub>3</sub>	N 10	0	0	1	0	5	6	3
		20	0	0	1	1	8	10	0
		40	0	0	0	9	7	16	0
	Urea	N 10	0	0	0	2	2	4	0
		20	0	0	0	8	9	17	0
		40	0	0	0	6	10	16	0
	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	N 20	0	0	2	2	10	14	1

次に乾腐病発生株数と土壌ECの関係を見ると (Fig.27), 両者には高い正相関がみられた。しか

し自然降雨系列と降雨制御系列ではズレがあり肥料の形態でもかなり異なった。

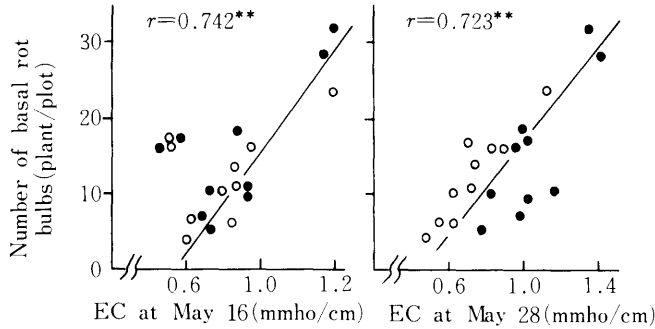


Fig. 27 Relation between soil electric conductivity in early growth stage and occurrence of basalrot of onion.

Note | ○ Condition of rainfall control.  
| ● Condition of natural rainfall.

そこで肥料形態別に土壌ECと病株数の関係や土壌ECに強く影響する土壌硝酸態窒素含量およびこれと関連するアンモニア態窒素含量と病株数

の関係について, Table.25にその相関係数をとりまとめた。智硝・塩安を施肥した場合は土壌ECと乾腐病株数との相関が高く, しかも早い時期の土

Table 25. Coefficient of correlation between occurrence of basal rot bulb and chemical condition of soil.

Item	Treatment	Date of investigation		
		May 16 (I)	May 28 (II)	June 10 (III)
EC	Whole n=20	0.742**	0.723**	0.586*
	NH <sub>4</sub> Cl n=6	0.944**	0.763*	0.600
	NaNO <sub>3</sub> n=6	0.959**	0.794*	0.603
	Urea n=6	0.474	0.738	0.526
	Rain control n=10	0.804**	0.780**	0.611*
	Natural rainfall n=10	0.642*	0.869**	0.760**
NO <sub>3</sub> -N	Whole n=20	0.292	0.470	0.569*
	NH <sub>4</sub> Cl n=6	-0.875**	-0.986**	-0.033
	NaNO <sub>3</sub> n=6	0.995**	0.912**	0.801*
	Urea n=6	0.494	0.754*	0.585
NH <sub>4</sub> -H	Whole n=20	0.673**	0.753**	0.775*
	NH <sub>4</sub> Cl n=6	0.901**	0.793*	0.957**
	Urea n=6	0.598	0.702	0.480
Inorg-anic-N	Whole n=20	0.614*	0.903**	0.736*
	NH <sub>4</sub> Cl n=6	0.890**	0.988**	0.486
	NaNO <sub>3</sub> n=6	0.997**	0.915**	0.797*
	Urea n=6	0.726	0.767*	0.562

Note \*1. s. d. 0.05, \*\*1. s. d. 0.01.

壤ECほど相関が高かった。しかし尿素施肥の場合は智硝・塩安と異なり窒素40kg区でも乾腐病発生は少なかったため、正相関の傾向はみられたものの有意ではない。

土壤EC上昇は一般的に硝酸態窒素生成集積と関連が深い<sup>16)</sup>ので硝酸態窒素含量と病株数の関係を見ると、全体では6月10日に至って相関がみられたがそれ以前では明確でなかった。しかしこれを肥料別にみると塩安では早い時期に高い負の相関があり、逆に智硝では正の相関があった。なお土壤ECと硝酸態窒素の関係については智硝施肥区では正相関(5月16日  $r=0.979^{**}$ , 5月28日  $r=0.949^{**}$ ), 塩安施肥区では逆に負相関(5月16日  $r=-0.781^*$ , 5月28日  $r=-0.704^*$ )がみられた<sup>53)</sup>。この結果から乾腐病発生に及ぼす土壤条件の影響について考察すると、発病程度に直接関連するのは土壤塩類濃度の上昇であり、塩素イオン・硝酸イオンの如何にかかわらずEC上昇が乾腐病発生を助長したと推測できる。なお乾腐病発生程度は土壤無機態窒素含量とも正の相関があっ

た。しかしこれについては無機態窒素含量は施肥量と関連し施肥量増加がECを高めた結果であって、むしろ直接的には土壤ECの影響を重視すべきであろう。尿素施肥区は施肥量増加に伴うEC上昇が塩安・智硝の場合に比して小さかったので、乾腐病発生と土壤ECや無機態窒素含量との相関はあまり判断としなかったものと思われた。

### iii. 窒素追肥が生育収量に及ぼす影響

1978年は農試新畑で定植後9日ほど土壤が著しく乾燥したほかは全般的に生育期が多雨の気象条件であったので、両試験地とも外葉伸長期の生育が旺盛であった。しかし6月下旬以降白班葉枯れ病が多発し、とくに農試新畑では著しく蔓延したので球肥大が抑制され低収となった。一方、1979年は順調な降雨条件に恵まれ外葉伸長期から球肥大期にかけて生育が極めて良好となり、収量は各試験地とも高い水準となった。

両年の収量調査結果をみると(Table 26), 農試新畑の収量は他の2試験地に比べてかなり低かつ

Table 26. Effect of nitrogen topdressing on yield and yield components. (Per 10a)

Year	Treatment N applied kg (Basal+Top)	Early field for onion in Exp. Stat.			Mature field in Sunagawa			Mature field in Exp. Stat.		
		Marketable Yield kg	No.of bulbs ×100	Mean weight of a bulb g	Marketable Yield kg	No.of bulbs ×100	Mean weight of a bulb g	Marketable Yield kg	No.of bulbs ×100	Mean weight of a bulb g
1978	10	2,402	180	133	4,722	252	187	—	—	—
	15	2,758	182	152	4,745	261	182	—	—	—
	20	3,046	192	159	4,865	267	182	—	—	—
	10+5 B	2,880	194	140	4,777	263	182	—	—	—
	10+5 C	2,154	170	127	4,739	274	173	—	—	—
	15+5 C	2,118	156	136	4,623	257	180	—	—	—
1979	10	4,438	240	185	7,480	268	279	6,894	265	260
	15	4,613	235	197	7,700	266	289	6,724	244	276
	20	4,851	245	198	7,740	269	287	6,355	239	266
	10+5 A	4,937	228	217	7,161	262	273	6,728	248	271
	10+5 B	4,973	242	206	7,415	270	274	6,149	237	259
	15+5 A	4,826	242	199	7,246	260	278	6,120	230	266
	15+5 B	5,022	231	217	7,238	263	275	6,201	233	266

Note Date of topdressing, A; May 20, B; June 1, C; June 15.

たが、とくに1978年における低収要因は欠株や腐敗による規格内球の著しい減少と平均球重でみられるような球肥大の不良によるものであった。しかし1987年は両試験地とも収穫時の腐敗球には乾腐病による尻ぐされのほかに白斑葉枯れ病によるとみられる肌ぐされや芯ぐされが多かったので、基肥窒素増施に伴う欠株・腐敗(乾腐病)増加の傾向は明らかでない。また降雨が順調で生育良好な1979年も施肥量と欠株・腐敗の関係は判然としなかった。

基肥窒素量と収量の関係については2か年とも土壤水分条件が比較的良好であったので、農試新畑では窒素20kg区の収量が高く、砂川熟畑でもこの範囲の窒素施肥量では窒素増施に伴う収量低下はみられなかった。

次に基肥窒素10kgまたは15kgにおける追肥の収

量に及ぼす影響を検討するため、それぞれ基肥15kg区または20kg区に対する収量比(分施効果)および基肥10kg区または15kg区に対する収量比(追肥効果)をFig.28に示した。6月15日(時期C)の遅い追肥については1978年のみ試験したが、分施としてみた場合も追肥としてみた場合もいずれも収量が低下した。6月1日(時期B)および5月20日(時期A)の追肥は、基肥増施による収量増加が大きい農試新畑では増収効果があった。増収の要因は平均球重の増大であり、分施としての効果の方が大きい。一方、基肥窒素の施肥反応が小さい砂川熟畑では1979年の分施効果・追肥効果ともに収量に対してマイナスであり、1978年も基肥全量区と同程度の収量である。また農試熟畑でも分施効果・追肥効果ともに認められなかった。

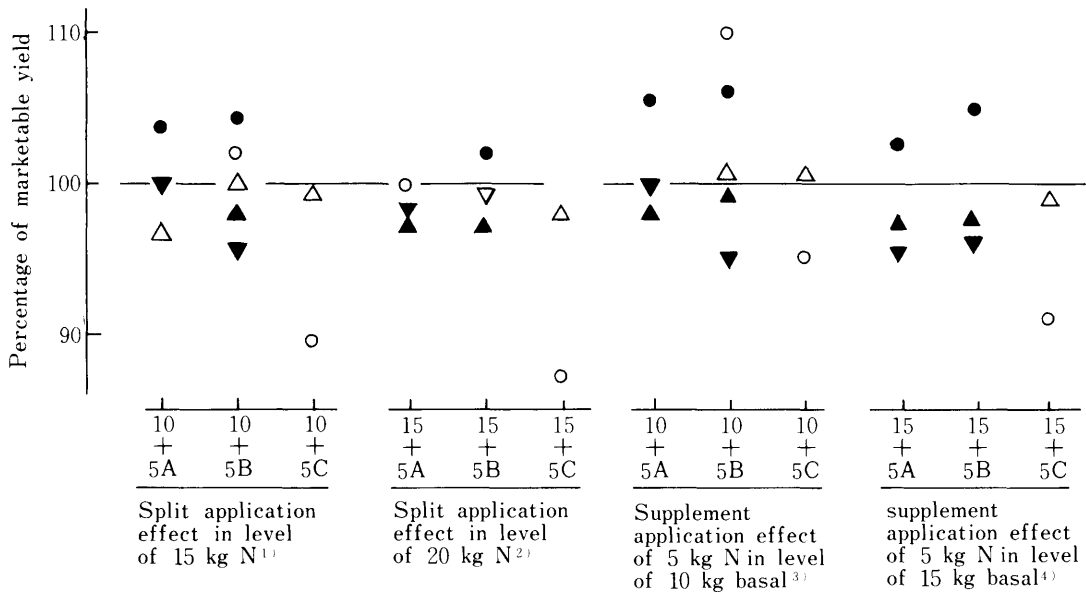


Fig.28 Effect of nitrogen topdressing on the yield.

Notes Time of topdressing, A: May 20, B: June 1, C: June 15

- ▽ ▼ Mature field in Exp. Station(1974)
- ● First field for onion cropping in Exp. Station(1973, 1974)
- △ ▲ Mature field in Iwamizawa(1973, 1974)
- 1) 100%=yield of 15 kg basal plot.
- 2) 100%=yield of 20 kg basal plot.
- 3) 100%=yield of 10 kg basal plot.
- 4) 100%=yield of 15 kg basal plot.



著者ら<sup>2)</sup>はタマネギに対する窒素時期別部分生産能率を砂耕試験によって検討し、活着期から外葉伸長期前半(6月半ば)までが生産能率の著しく高い時期であることを報告した。6月15日の追肥窒素は実際にはこれよりさらに遅れて吸収されることになる。また球肥大始め以降の窒素過多条件は球肥大に対して負の影響があることも既に指摘したところである。本試験の結果もこのような遅い時期の追肥は平均球重低下にみられるように球の肥大を抑制した。これより早い時期の追肥であっても砂川熟畑・農試熟畑では球肥大にマイナスの傾向がみられ、窒素施肥適量が高い農試新畑でも追肥が有効な施肥法とは認められなかった。

### (3) 考 察

移植栽培のタマネギについて窒素用量試験を行なった結果、窒素施肥量の増加は初期生育を抑制し、後半に至って生育は回復してくるが球の肥大は不良で、さらに乾腐病の発生によって欠株・腐敗が増大するので規格内球が減少し収量が低下することを認めた。吉村ら<sup>134)</sup>は秋播きタマネギの窒素多量施用による収量低下の要因として濃度障害による初期生育抑制を考えたが、BOTTCHE<sup>9)</sup>らは初期生育抑制・腐敗増加とともに成熟遅延を指摘している。PEW<sup>93)</sup>は春播き直播栽培に対する窒素供給は球肥大始め前までに行なうべきであると述べており、RICKELS<sup>94)</sup>も少雨年における窒素多量施用は地上部生育に影響しない場合でも球の肥大を抑制し収量を低下させると考えている。

窒素多量施用による欠株・腐敗の増加はとくに乾燥年に強くみられ、欠株・腐敗の主因である乾腐病の発生は土壌ECの上昇と深い関係があった。ECと乾腐病発生の関係は苗活着期から外葉伸長期にかけて早い時期ほど明らかな傾向があり、窒素増施は一般的に土壌乾燥期にあたる生育初期の塩類濃度障害を強めて乾腐病発生を助長するものと考えた。この点に関して北海道立上川農業試験場で追試が行なわれ<sup>38)</sup>、病原菌密度が著しく高く発病度が高い場合は土壌ECとの直接的関係はないが、ある程度までの発病度の場合には施肥形態・施肥量による土壌ECの上昇が発病度を高め

ることが認められている。乾腐病は土壌病害であり連作を行なうタマネギ畑ではその菌密度が当然に高く、根の老朽組織や壊死部を通して茎盤部へ侵入し発病に至るもので、地上部の病徴発現はかなり遅れて6月下旬以降に多くなる<sup>67,69)</sup>といわれている。本畑における感染のみでなく苗木における感染<sup>68)</sup>や種子の保菌<sup>108)</sup>も認められており、感染発病の機会が極めて多い。しかし一方では菌密度の高い土壌でも発病が極めて少ない場合が知られており<sup>38)</sup>、発病条件には土壌微生物間の競合関係が予測されるが、児玉<sup>69)</sup>が指摘するように土壌環境や寄主(タマネギ)の体質との関係も重視する必要がある。本研究の結果も多量施肥や土壌乾燥による土壌塩類障害が病原菌の茎盤部への侵入または被害発現を容易にした可能性が強い。東田・大崎<sup>27)</sup>も乾燥と高塩類濃度条件は根の活性低下や微生物腐生競合の面で病原菌に有利に働くものと推論している。

次に窒素施肥適量は降雨条件で異なることが認められたが、SPIENら<sup>106)</sup>も年次による窒素適量変異は非常に大きいことを報告しており、RICKELS<sup>94)</sup>も多雨年は240 lb/aで多収であったがその前年および前々年に120 lb/aまたは無窒素が最高収量であったと述べている。したがって基肥窒素量を初期生育の阻害や欠株・腐敗発生あるいは成熟遅延などのおそれのない程度に抑え、必要な場合は追肥によって十分な生育を確保しようとして、追肥の影響を検討した。その結果は多雨年であっても全量基肥の場合と収量的に大差ないかまたは減収した。春播き栽培(直播)における窒素追肥の評価は地域によって異なり<sup>137)</sup>、さらに年次・土壌によって追肥による収量増加がみられる場合でも貯蔵性が劣る<sup>106)</sup>ことも報告されている。したがって道央地区タマネギ栽培は基肥全量施用が安全な施肥法と考えられ、この施肥適量が20 kg/10aを超え濃度障害の危険性のある場合でも計画的な分施は最少限にとどめ、かつ早期追肥によって生育後半の窒素過剰吸収を回避する必要がある。

なお窒素多量施肥は収量低下のみならずその貯蔵性を低下させている。著者らは別報<sup>52)</sup>において、窒素多量施肥は小球割合を高めており、球径の小

さいものほど貯蔵中の風乾減量率・萌芽球率が高まるが、同一球大でも窒素施肥量の多いものほど貯蔵性が低下することを報告している。小球ほど萌芽率が高い点については花岡・伊藤<sup>20)</sup>、千葉・三木<sup>10)</sup>も認めているところであり、質的な面については秋播きタマネギにおける高窒素含量低糖分

の球内成分のものは貯蔵性が劣る<sup>57,58,63)</sup>といわれている。結局、窒素増施は貯蔵性の低い小球を増加させるばかりでなく質的にも貯蔵性を低下させており、近年道産タマネギの貯蔵性低下は多肥化しており、近年の道産タマネギの貯蔵性低下は多肥化と深い関連があったと考えられる。