水分ストレスがトマトの生育と養水分吸収に及ぼす影響

誌名	野菜試験場報告. A = Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station. Series A
ISSN	03875407
著者名	荒木,陽一 五島,康
発行元	農林省野菜試験場
巻/号	13号
巻号補足	
掲載ページ	p. 71-84
発行年月	1985年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

AgriKnowledge

野菜試験場報告　A．13：71～84（1985）

水分ストレスがトマトの生育と養水分吸収に及ぼす影響†

荒木　陽一*・五島　康*

Ⅰ　緒　　言

施設栽培下のトマトはいわゆる過繁茂に陥りやすい．特に促成栽培でその傾向が著しい．栽植密度の高い施設栽培では，過繁茂は日射に対して相互遮へいを引き起こす．これは日射量の多い時期では比較的問題にならないが，日射量の少ない冬期の栽培では光合成を抑制し，花芽分化，着花（果），果実の肥大等に悪影響を及ぼし，低収，低品質の原因となる（正木ら，1981）．したがって，施設栽培ではトマトが過繁茂に陥らないよう生育を適切に制御する必要があり，そのために生育初期の栽培管理に大きな注意が払われている．

ところで，トマトの過繁茂の原因としては日照不足，窒素肥料の多施用，多かん水，高夜温並びに若苗定植等が挙げられている（正木ら，1981）．このうち，寡日照に対しては人為的に補光することも考えられるが，現在のところコスト面から実用化は困難である．したがって，過繁茂対策としては施肥，かん水並びに夜温の適正化，適期苗定植などが挙げられるが，久富ら（1971）は生育初期の栄養成長を抑えるには低夜温あるいは水分ストレスが効果的であることを報告している．しかし，この低夜温あるいは水分ストレスの効果については安井ら（1977）が詳細に検討し，低夜温は各部器官の初期生育における生長速度を抑制するのに対し，水分ストレスは比較的齢が進んだ時期の生長速度を抑制するとして，両者の作用特性が異なっていることを指摘している．このことは生育制御の必要な生育初期においては，低夜温は茎葉の伸長抑制だけでなく，各部器官の分化にも影響するのに対し，水分ストレスは器官の分化に対する影響は小さく，現在伸長しつつある器官の生長を抑えるということを意味し，しかも茎葉の伸長は水分ストレスが比較的弱くても抑制される（Boyer，1970）ことから，生育初期の生育制御（この場合は抑制）は水管理の方が温度管理よりも適していると考えられる．

そこで本実験では，過繁茂防止を目的とした水管理による施設トマトの生育制御方法を確立するために，まず水分ストレスに対する生育初期のトマトの反応を調べることとし，かん水の中断による水分ストレスの付与が活着直後のトマトの生育と養水分吸収に及ぼす影響について検討したので，その結果を報告する．

Ⅱ　材料及び方法

1　実験1　かん水の中断がトマトの水分状態と生育並びに窒素の吸収に及ぼす影響

1）供試品種及び栽培方法

主に促成栽培に用いられる品種の中から‘強力天光’と‘ゆうやけA’の2品種を用いた．1981年9月10日には種し，第1花房の第1花が開花を始めた11月10日に風乾土3kgを詰めた1/5000aポットに定植した．

施肥量は1ポット当たり窒素，りん酸，カリが各1gで，それぞれ硫安，過石，硫加で施し，pH調整のため炭酸苦土石灰を12g施用した．定植後処理開始まではトマトがしおれないよう適宜均一にかん水した．実験は降雨の影響を避けるためハウス内で行った．

2）萎ちょう処理

第1花房の第3花が咲きそろった11月26日，全ポットに十分かん水し，以後対照区は5cmの深さに設置したテンシオメーターの示度がpF2.0に達した時に1ポット当たり400mlをかん水した．萎ちょう区は11月26日以後かん水を中断することで萎ちょう処理に入り，翌日から毎日萎ちょう状況を観察した．早朝にしおれが回復していなかった12月3日をもって永久萎ちょうに達したと判断して萎ちょう処理を終了し，直ちに十分かん水し，その後は対照区と同様，テンシオメーターの示度がpF2.0に達した時にかん水した．

3）生育調査

生育調査はTable 1に示した時期に行い，各時期とも両区5株ずつ供試した．葉内水分状態の指標として

* 施設栽培部

† 本報告の一部は昭和57年春季，秋季及び昭和59年春季園芸学会大会において発表した．

Table 1 Sampling dates in the experiment 1 in 1981

Order	Sampling date	
1	Planting	(11/Nov.)
2	Start treatement	(26/Nov.)
3	Permanent wilting	(3/Dec.)
4	lst day after p. w.[a]	(4/Dec.)
5	3rd day after p. w.	(6/Dec.)
6	5th day after p. w.	(8/Dec.)
7	10th day after p. w.	(13/Dec.)
8	20th day after p. w.	(23/Dec.)

[a] p.w. : Permanent wilting

WSD（飽和水分不足度）を測定した．測定は生育調査日の早朝（6時～6時半）に各調査株の展開葉のうち上位から5葉目の展開葉の小葉1枚を採取して常法（鈴木ら，1969）により測定した．

4）分析方法

全窒素の分析はケルダール法のガンニング変法によった．

2 実験2 かん水の中断が土壌溶液並びにトマトいっ泌液の窒素濃度に及ぼす影響

1）供試品種及び栽培方法

実験1に供試した品種のうち，'ゆうやけA' を用いた．1983年2月1日には種し，4月1日に風乾土14kgを詰めた1/2000aポットに定植した．施肥量はポット当たり硫安12g，過石14g，硫加5g及びCDU21gで，窒素，りん酸，カリがいずれも5g/ポットになるようにした．また，pH調整のため炭酸苦土石灰を14g施用した．定植後処理開始までは適宜均一にかん水した．実験はハウス内で行った．

2）萎ちょう処理

4月16日に全ポット十分にかん水し，以後対照区は深さ10cmに設置したテンシオメーターの示度がpF1.7に達した時に1 l のかん水を行った．萎ちょう区は4月16日以降かん水を中断して萎ちょう処理に入り，永久萎ちょうに達した4月26日に処理を終了して，十分かん水した．その後は対照区同様，深さ10cmに設置したテンシオメーターの値がpF1.7に達した時に1 l のかん水を行った．

3）土壌溶液並びにいっ泌液の採集方法

土壌溶液の採集には伊藤（1982）の方法を用い，ポーラスカップを10cmの深さに設置して採集した．また，いっ泌液の採集には正木（1980）の方法を用い，茎を子葉直下で切断して採集した．採集は処理開始後適宜行った．採集日の朝9時に各区3ポット，計6ポットを25°Cの水槽につけ，対照区のポットにpF1.0に達するのに必要な水量をかん水した後採集を開始した．夕方5時に採集を終了し，直ちに分析を行った．

4）分析方法

土壌溶液並びにいっ泌液の窒素の分析は以下の方法によった．

① 土壌溶液硝酸態窒素……フェノール硫酸法

② いっ泌液硝酸態窒素並びにアンモニア態窒素……水蒸気蒸留法

3 実験3 かん水の中断がトマトの生育と水分並びに数種無機養分の吸収に及ぼす影響

1）供試品種及び栽培方法

Table 2 に示した促成栽培用8品種を供試した．いずれも1981年4月16日には種し，子葉展開時の4月27日に径10.6cmのポリポットに鉢上げした．第1花房の第1花が開花を始めた6月10日に風乾土3kgを詰めた1/5000aポットに定植した．施肥量は1ポット当たり窒素，りん酸，カリが各1gで，それぞれ硫安，過石，硫加で施し，pH調整のため炭酸苦土石灰を12g施用した．定植後処理開始まではトマトが萎れないよう適宜均一にかん水した．実験はハウス内で行った．

2）萎ちょう処理

各品種とも10株を供試し，うち5株を萎ちょう区，残り5株を対照区とし，各区に1本ずつ5cmの深さにテンシオメーターを設置した．第1花房の第3花が咲きそろった6月17日，全ポットに十分かん水し，以後対照区

Table 2 Tomato varieties used in the experiment 3

No.	Variety
1	'Ogata Zuiko'
2	'Zuiko'
3	'Kyoryoku Kairyo Syuko'
4	'Kyoryoku Tenko'
5	'Kyoryoku Beiju'
6	'Horyu'
7	'Tafugulo'
8	'Yuyake A'

はテンシオメーターの示度がpF2.0に達した時に1ポット当たり400mlをかん水するようにした．萎ちょう区は6月17日以後かん水を中断することで萎ちょう処理に入り，翌日から毎日萎ちょう状況を観察した．早朝にしおれが回復していなかった6月23日をもって永久萎ちょうに達したと判断して萎ちょう処理を終了し，直ちに十分かん水し，その後は対照区と同様，テンシオメーターの示度がpF2.0に達した時にかん水した．

3）分析方法

各種無機養分の分析方法は次のとおりである．

① 窒素（Total-N）……ガンニング変法
② りん酸（P_2O_5）……バナドモリブデン酸法
③ カリウム（K_2O）……炎光光度法
④ カルシウム（CaO）……原子吸光光度法
⑤ マグネシウム（MgO）…原子吸光光度法

Ⅲ 結　　果

1 実験1　かん水の中断がトマトの水分状態と生育並びに窒素の吸収に及ぼす影響

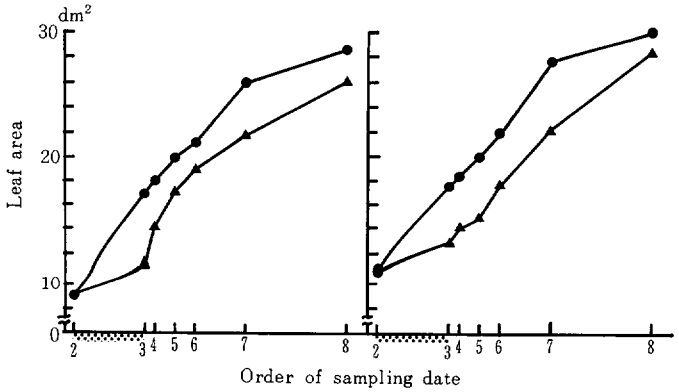
1）葉内水分

かん水の中断による永久萎ちょう前後の，WSDを指標とする葉内水分状態の変化をTable 3に示した．かん

Table 3 Changes of water saturation deficit of tomato[a] before and after permanent wilting

Treatment	Date				
	26/Nov.	3/Dec.	4/Dec.	6/Dec.	8/Dec.
	%	%	%	%	%
Control	14.9	10.3	11.7	8.7	7.5
Wilting	15.4	33.9	11.4	11.0	8.1
Significance	N.S.	**	N.S.	*	N.S.

**, *, and N.S. mean the significance at the level of 1%, 5%, and non-significance respectively
[a] The variety 'Yuyake A' was used in this experiment



Left ：Var.'Kyoryoku Tenko'
Right：Var.'Yuyake A'
●—● ：Control
▲—▲ ：Wilting
：During wilting

Fig. 1 Effect of permanent wilting on the enlargement of leaf area of tomato. Order of sampling date was expressed on Table 1

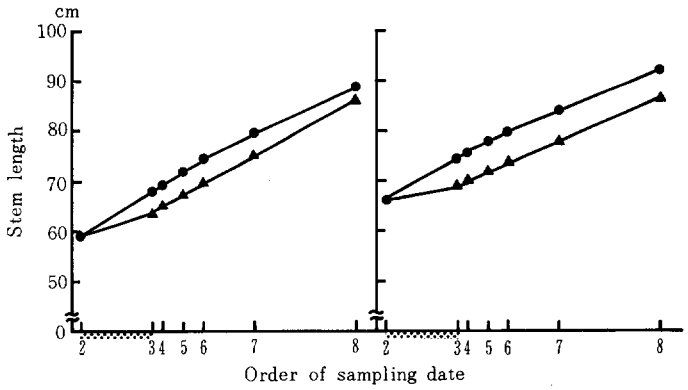
水の中断によりWSDは上昇し，永久萎ちょう時には35%近くにも達した．かん水の再開によりWSDは急速に対照区の水準にまで低下し，その後は対照区と同程度の値で推移した．

2）生 育

萎ちょうに伴う葉面積の変化をFig. 1に示した．かん水中断後永久萎ちょうに達するまでに葉面積の増加は抑制され，永久萎ちょう時の葉面積は対照区の70%前後であった．かん水の再開により葉面積は急速に増加を始めたが，萎ちょう後20日目でも対照区の90%前後であった．

草丈の変化をFig. 2に示した．かん水の中断により茎の伸長は抑制され，永久萎ちょう時には対照区の90%前後であった．再かん水後は対照区と同程度の速度で伸長し，対照区の水準にまで回復することはなかった．

地上部乾物重の変化は草丈の変化と類似した様相を呈した（Fig. 3）．これをNARで見ると，かん水中断後永久萎ちょうに達するまでの期間のNARが対照区の70%以下であったのに対し，かん水の再開により直ちに対照区の水準にまで回復し，以後対照区と同程度の値で推移した（Table 4）．



Left : Var.'Kyoryoku Tenko'
Right : Var.'Yuyake A'
●—● : Control
▲—▲ : Wilting
: During wilting

Fig. 2 Effect of permanent wilting on the elongation of stem of tomato. Order of sampling date was expressed on Table 1

Table 4 Effect of permanent wilting on the net assimilation rate of tomato[a]

(mg/dm²/day)

Variety	Treatment	Order or sampling date					
		2～3	3～4	4～5	5～6	6～7	7～8
'Kyoryoku Tenko'	Control	49	32	33	37	49	51
	Wilting	34	35	34	43	47	56
'Yuyake A'	Control	41	38	47	51	52	53
	Wilting	28	40	45	52	54	56

[a] Figures don't incluse the root dry weight

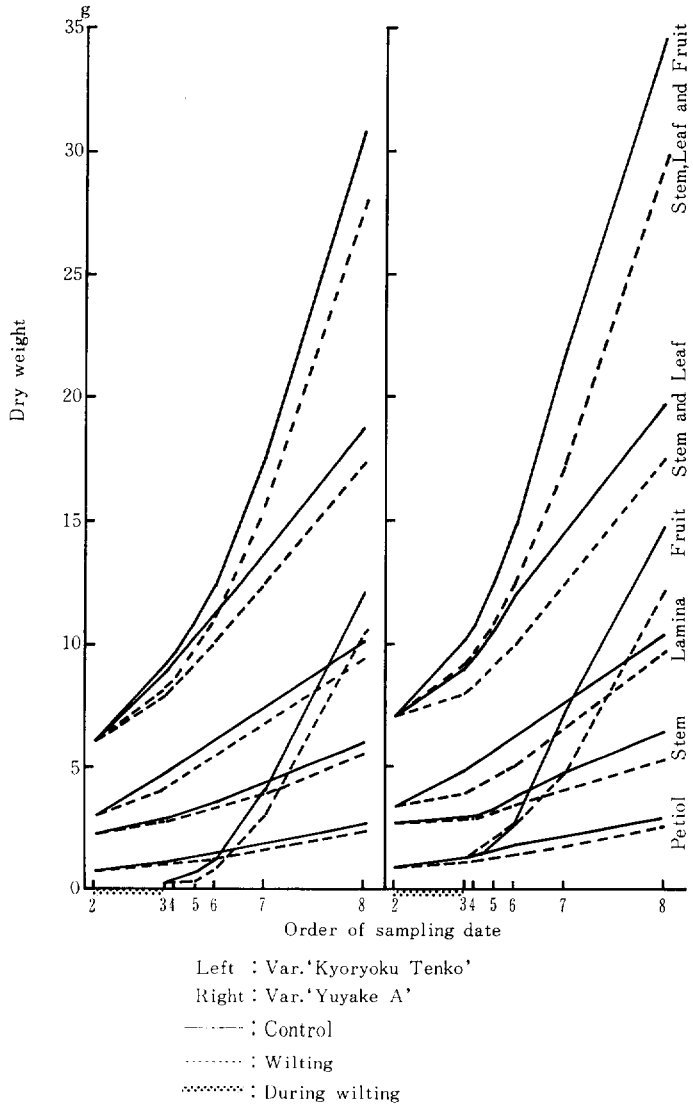


Fig. 3 Effect of permanent wilting on the increase of dry matter in each plant parts of tomato.
Order of sampling date was expressed on Table 1.

3）窒素含有率と含量

かん水の中断による永久萎ちょう前後の地上部各部位の窒素含有率と含量の変化をそれぞれ Fig. 4 と Fig. 5 に示した．かん水の中断により茎，葉柄及び果実の窒素含有率は対照区よりも高い値で推移した．それに対して，葉身の窒素含有率はかん水の中断により一時的に対照区よりも低下したが，その後は対照区よりも高い値で推移した．

一方，窒素含量は茎，葉柄及び果実では対照区と萎ちょう区との間に差は見られなかった．しかし，葉身ではかん水の中断により窒素含量の増加が抑制され，萎ちょう後3～5日目に対照区との差が最大になった．その後両者の差は縮小を始め，萎ちょう後20日目には萎ちょう区の窒素含量の方が対照区よりも多くなった．

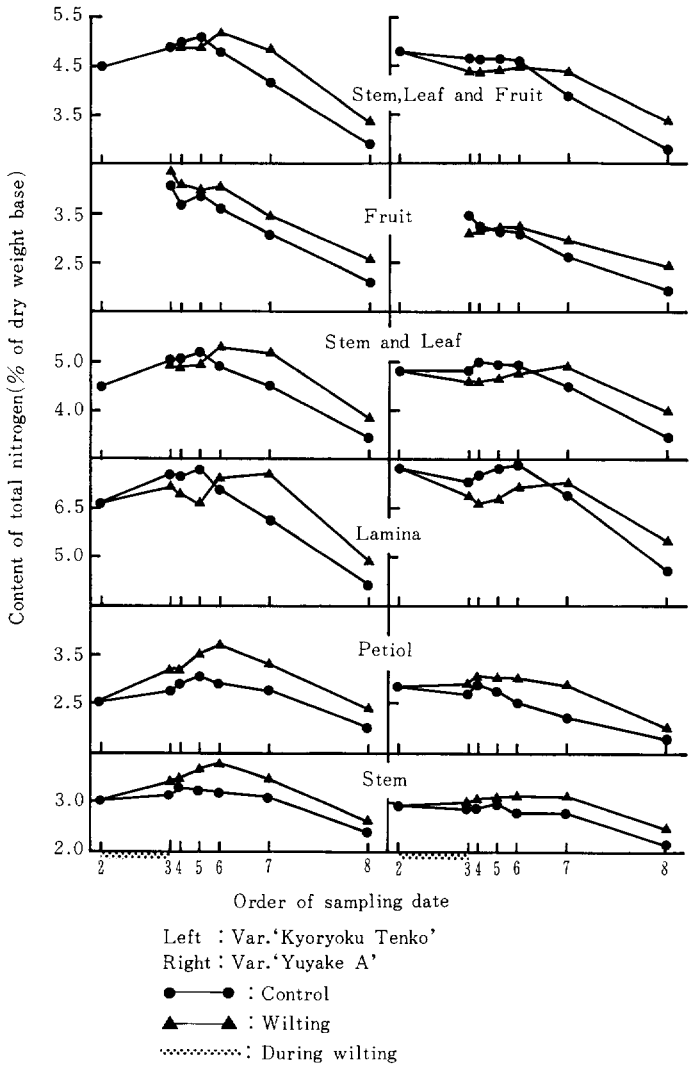


Fig. 4 Effect of permanent wilting on the concent of total nitrogen in each plant parts of tomato.
Order of sampling date was expressed on Table 1.

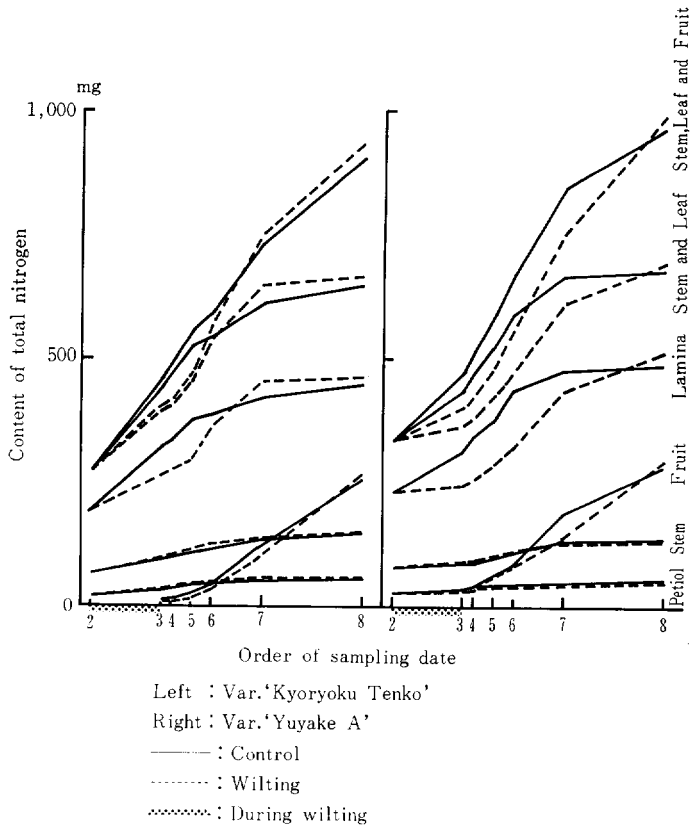


Fig. 5 Effect of permanent wilting on the content of total nitrogen in each plant parts of tomato.
Order of sampling date was expessed on Table 1

2　実験2　かん水の中断が土壌溶液並びにトマトのいっ泌液の窒素濃度に及ぼす影響

1）土壌水分

萎ちょう処理開始後の土壌水分吸引圧の変化をFig. 6に示した．対照区のかん水はほぼ初期の設定とおりpF1.7～1.8の間で行われた．萎ちょう区の土壌水分吸引圧はかん水の中断により急速に上昇し，永久萎ちょう時にはpF2.8以上に達した．

2）土壌溶液の硝酸態窒素濃度

萎ちょう処理開始後の土壌溶液の硝酸態窒素濃度の変化をFig. 7に示した．対照区の硝酸態窒素濃度は処理開始後3日までは急激に低下し，その後は徐々に低下した．これに対し，萎ちょう区の硝酸態窒素濃度は処理開始後3日までは対照区同様急激に低下したが，その後上昇を始め永久萎ちょう時まで上昇を続けた．かん水の再開により急激に低下したが，対照区よりも高めに推移した．

3）いっ泌

萎ちょう処理開始後のいっ泌量の変化をFig. 8に示した．萎ちょう区のいっ泌量はかん水の中断により急激に減少し，永久萎ちょう時にはいっ泌は見られなかった．かん水の再開により直ちにいっ泌が始まったが，萎ちょう後1週間目でも対照区の水準までは回復しなかった．

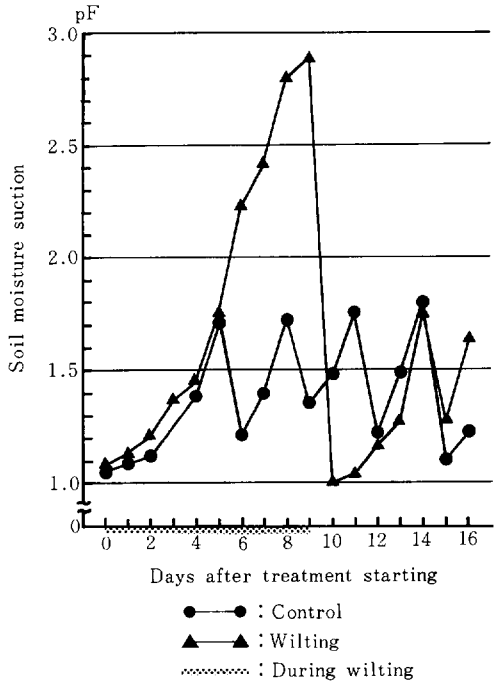


Fig. 6 Changes of soil moisture suction after wilting treatment

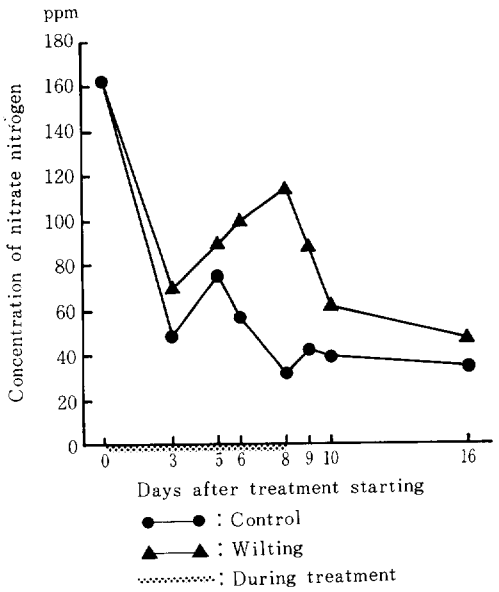


Fig. 7 Effect of soil dryness on the concentration of nitrate nitrogen in soil solution

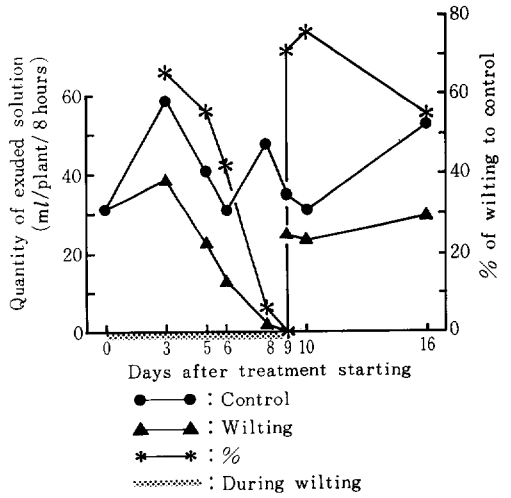


Fig. 8 Effect of soil dryness on the exudation of tomato

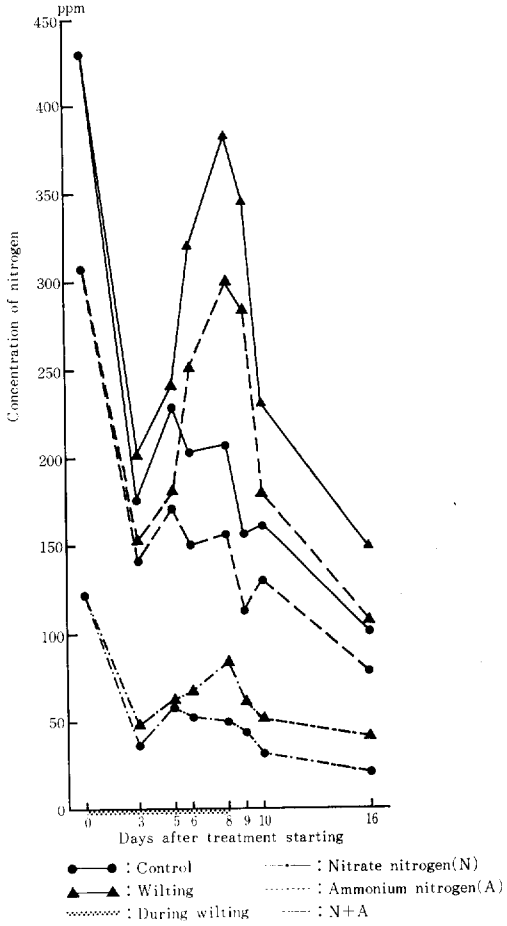


Fig. 9 Effect of soil dryness on the concentrattion of nitrogen in exuded solution of tomato

4）いっ泌液の窒素濃度

いっ泌液の窒素濃度変化として，硝酸態窒素とアンモニア態窒素の濃度変化をFig. 9に示した．いっ泌液の窒素濃度はアンモニア態窒素の方が硝酸態窒素よりも高かった．両者とも萎ちょう処理開始後3日目までは急速に低下した．対照区ではその後も徐々に低下を続けた．それに対して萎ちょう区では逆に上昇を始め永久萎ちょう時まで上昇を続けた．再かん水後は両者とも急速に低下したが，対照区よりも高い濃度で推移した．

3　実験3　かん水の中断がトマトの生育と水分並びに数種無機養分の吸収に及ぼす影響

1）水分消費

萎ちょう処理開始後のかん水量をTable 5に示した．いずれの品種ともかん水中断後6日目で永久萎ちょうに達したが，この間対照区のかん水回数は2ないし3回であった．萎ちょう後のかん水量はどの品種とも対照区に比べ減少したが，萎ちょう区の対照区に対する割合は67～92%で，品種により大きく異なった．

2）生　育

萎ちょう後3週間目の生育状況をTable 6に示した．茎長は‘タフグロー’（No. 5）以外はいずれの品種とも萎ちょう区が対照区より低く，また茎葉の乾物重は‘強力米寿’（No. 5）以外はいずれの品種とも萎ちょう区が対照区より小さかった．葉面積と果実乾物重は全品種萎ちょう区の方が対照区よりも小さかった．

3）養分吸収

萎ちょう後3週間目の数種無機養分の含有率をTable 7に示した．まず茎葉では窒素とカリの含有率が萎ちょうにより上昇したが，りん酸，カルシウム並びにマグネシウムの含有率は品種により異なった変化を示した．一方，果実では萎ちょうにより窒素の含有率だけが上昇し，他の無機養分は一定の傾向を示さなかった．

Table 5　Effect of permanent wilting on the water comsunption of tomato

Variety	Treatment	During wilting		After wilting	
		Watering times	Watering quantity	Watering times	Watering quantity
1	Control	3	1.2 l	41	16.4 l
	Wilting	0	0	32	12.8
2	Control	3	1.2	40	16.0
	Wilting	0	0	32	12.8
3	Control	2	0.8	37	14.8
	Wilting	0	0	32	12.8
4	Control	2	0.8	38	15.2
	Wilting	0	0	27	10.8
5	Control	2	0.8	32	12.8
	Wilting	0	0	29	11.6
6	Control	3	1.2	37	14.8
	Wilting	0	0	29	11.6
7	Control	2	0.8	36	14.4
	Wilting	0	0	33	13.2
8	Control	2	0.8	42	16.8
	Wilting	0	0	28	11.2

Table 6 Effect of permanent wilting on the growth of tomato

Variety	Treatment	Plant			Fruit		
		Height	Leaf area	Dry weight	Number	Fresh weight	Dry weight
		cm	dm^2	g		g	g
1	Control	112.2	31.4	37.1	11	296	18.7
	Wilting	101.7	25.5	28.5	12	286	18.6
2	Control	102.9	34.4	34.5	13	418	28.3
	Wilting	94.3	30.5	24.7	10	293	19.4
3	Control	115.6	30.1	31.9	12	479	29.7
	Wilting	108.5	27.0	29.8	13	399	26.2
4	Control	105.2	26.2	29.2	13	531	34.5
	Wilting	100.0	22.6	25.3	9	376	25.3
5	Control	93.4	30.1	23.8	14	561	32.8
	Wilting	92.7	29.7	25.2	14	493	28.9
6	Control	118.2	33.0	33.8	8	292	18.3
	Wilting	115.7	29.3	29.6	7	157	9.6
7	Control	101.7	30.8	30.5	14	445	27.4
	Wilting	101.9	24.2	27.4	9	330	19.7
8	Control	116.5	29.9	31.2	12	534	30.9
	Wilting	103.5	23.4	25.6	11	390	22.1

Note : Sampling was done on the 21st day after permanent wilting. Figures in the item of plant are averages of five plants and of fruit are totals of five plants

Table 7 Effect of permanent wilting on the content of some minerals in tomato
(% of dry weight base)

Variety	Treatment	Plant					Fruit				
		N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
1	Control	2.33	1.19	2.83	1.47	0.49	2.37	1.52	3.56	0.12	0.23
	Wilting	3.00	1.22	3.17	1.49	0.48	2.72	1.30	3.63	0.09	0.22
2	Control	2.44	1.06	3.01	1.59	0.49	2.66	1.33	3.57	0.10	0.22
	Wilting	2.83	1.10	3.21	1.74	0.40	2.86	1.27	3.42	0.11	0.21
3	Control	2.61	1.20	2.90	1.47	0.50	2.49	1.02	3.85	0.10	0.23
	Wilting	2.88	1.19	3.09	1.37	0.49	2.81	1.48	3.69	0.09	0.23
4	Control	2.44	1.02	2.86	1.67	0.50	2.77	1.38	3.28	0.10	0.22
	Wilting	3.14	1.06	3.20	1.49	0.44	2.90	1.36	3.48	0.11	0.22
5	Control	3.04	1.24	3.29	1.57	0.59	2.67	1.47	3.98	0.10	0.24
	Wilting	3.10	1.29	3.30	1.65	0.54	2.85	1.48	3.75	0.14	0.24
6	Control	2.38	1.11	2.78	1.54	0.53	2.26	1.38	3.57	0.12	0.21
	Wilting	2.78	1.10	3.17	1.47	0.48	2.66	1.52	3.51	0.12	0.24
7	Control	2.74	1.15	3.07	1.53	0.50	2.68	1.14	3.79	0.12	0.24
	Wilting	2.88	1.22	3.17	1.46	0.48	2.94	1.53	3.59	0.10	0.23
8	Control	2.43	1.15	2.57	1.59	0.46	2.61	1.51	3.80	0.13	0.24
	Wilting	3.08	1.24	3.13	1.53	0.49	3.15	1.56	3.87	0.13	0.26

Note : Sampling was done on the 21st day after permanent wilting.
Figures are averages of five plants

Ⅳ 考　　察

1 萎ちょうがトマトの生育に及ぼす影響

植物の水分ストレスに対する反応についてはCALDWELL（1913）が詳細な研究を行い，一時萎ちょうは植物に何ら影響を及ぼさないが，永久萎ちょうは植物体全体に大きな影響を与えることを報告している．

本実験では土壌の水分不足に対するトマトの反応について検討したが，トマトがかん水の中断により永久萎ちょうに達する水分ストレスを受けると，葉の水分が著しく減少（Table 3）し，葉面積（Fig. 1），茎長（Fig. 2）並びに地上部各部の乾物重（Fig. 3）からみたトマトの生育が大きく抑制されることが明らかになった．

水分ストレスに対するトマトの反応としては，乾物重の反応だけではあるが，GATES（1955a, b）の研究でも本試験の結果同様，萎ちょうによりトマトの生育が大きく抑制されることが報告されている．ただ，この場合の水分ストレスの強さは永久萎ちょうには達してなく，永久萎ちょう以前の段階でもトマトの生育は抑制されることがうかがわれる．

このことは高橋（1960）の報告においても明らかであり，火山灰土では有効水分の50%，川砂では25%を残してトマト苗の生育が抑制されている．しかし，両者とも萎ちょうが始まった時点であることは変わりなかった．

ところで，かん水の中断により永久萎ちょうに達する水分ストレスを受け，生育が抑制されたトマトでも，かん水の再開により葉の水分状態は直ちに回復（Table 3）し，その後の地上部の生育（Fig. 1，Fig. 2）は水分ストレスを受けなかったトマトと同程度の生長速度で進んだが，処理による生育の遅れは回復できなかった．

GATES（1955a）並びに高橋（1960）もこれと同様の結果を得ている．

このことは，水分ストレスによって抑制されたトマトの生育はかん水の再開により再びおう盛となるが，一度水分ストレスに遭遇したトマトの生育は，もはや水分ストレスを受けなかったトマトのレベルにまで回復することはないということを意味しており，かん水の中断，かん水の再開という水管理によってトマトの生育を制御することができることを示唆している．

ところで，供試したトマトの品種の中には，永久萎ちょうに達する水分ストレスにもかかわらず，その影響の小さな品種が存在したが，これらは再かん水後の回復が速かなために調査時点での生育差が縮小された結果と考えられる．

同程度の水分ストレスでもその後の回復速度が品種により異なった原因については今後検討する必要があるが，トウモロコシ（小林ら，1970）やグレインソルガム（ミルハディら，1978）などでも，生育時期によっては水分ストレスにより抑制された生育が再かん水によっておう盛となり，水分ストレスに遭わなかったものの生育を追い越したとする報告がある．

2 萎ちょうがトマトの養分吸収に及ぼす影響

土壌水分と作物の養分吸収に関しては多くの報告がある（増島ら，1963；坂上ら，1968；山崎ら，1981a, b；高橋，1982）が，土壌水分の減少に伴って窒素の含有率だけがどの作物にも共通して上昇しており，その他の無機養分は作物によって異なる動きを示している．

本実験のトマトでも土壌水分の減少に伴う萎ちょうにより窒素の含有率だけが供試したすべての品種にわたって上昇したが，りん酸，カリ，カルシウム及びマグネシウムの含有率は品種によって挙動が異なり一定の傾向を示さなかった（Table 7）．

しかし，その窒素の含有率も植物体の部位により異なった変化をし，茎，葉柄及び果実ではかん水の中断とともに対照区より上昇し，かん水の再開後も対照区より高い値で推移した．これに対し，葉身の窒素含有率はかん水中断後対照区より低下し，かん水再開後5～10日経過して対照区より上昇し，その後は対照区より高い値で推移した（Fig. 4）．

これと同じ結果をGATES（1957）も得ているが，その原因として萎ちょう期間中は窒素が葉身から茎に移行し，かん水の再開後は茎よりも葉身に優先的に輸送されることを挙げている．このことは本実験の窒素含量の変化（Fig. 5）からも推察される．

土壌水分の減少により植物体の窒素含有率が上昇する原因の一つとして，土壌水分が減少すると土壌溶液の硝酸態窒素濃度が高まり，その結果植物体の窒素含有率が上昇することが挙げられる．このうち土壌水分の減少に伴う土壌溶液の硝酸態窒素濃度の上昇については増島（1963）が認めている．

本実験ではこれを更に植物体反応をつけ加えて検討したが，土壌水分の減少に伴う土壌溶液の硝酸態窒素濃度の上昇とトマトいっ泌液の窒素（アンモニア態＋硝酸態）濃度の上昇が非常に良く一致し，両者の間に$r=+0.921$の相関係数が得られた（Fig.10）．このことは土壌

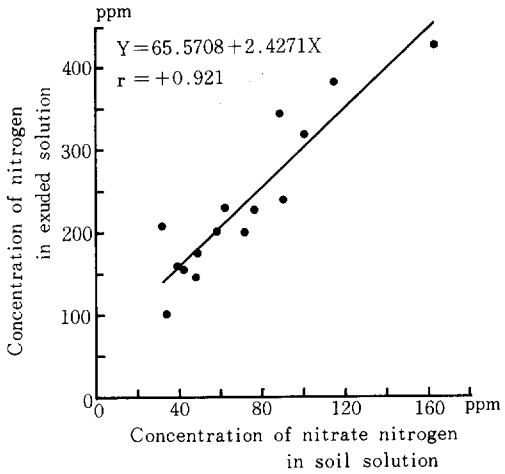


Fig. 10 Relation of the concentration of nitrate and ammonium nitrogen in exuded solution to the concentration of nitrate nirogen in soil solution

水分の減少により濃度の高まった土壌溶液の硝酸態窒素が直ちにトマトに吸収されることを示しており，土壌水分の減少に伴う植物体の窒素含有率上昇の一因が土壌溶液の硝酸態窒素濃度の上昇にあることが裏付けられた．

土壌水分の減少に伴う萎ちょうによりその後の葉身の窒素含有率が上昇したが，葉身の窒素含有率が上昇すると光合成速度も上昇することが報告されている（TAKEDA, 1969；花田ら，1981）．この原因としては，葉緑体における炭酸固定能力の向上と気孔を通じての葉緑体への CO_2 供給速度の上昇が考えられている（石原ら，1979a, b）．

本実験では光合成速度との関係までは検討できなかったが，水分ストレス後の葉身の窒素含有率の上昇により光合成速度が高まるとしたら，水分ストレスによる植物体の小型化に伴う受光態勢の向上と併せて，その後の物質生産を増大させる可能性があることになり，栽植密度の高い施設栽培では今後検討してみる価値があると考えられる．

V 摘 要

1） 施設トマトの過繁茂防止を目的とした水管理による生育制御法を確立するために，まず活着直後の土壌の乾燥がトマトの生育と養水分吸収に及ぼす影響について検討した．

2） かん水の中断によりトマトの WSD（飽和水分不足度）は著しく上昇したが，かん水の再開により WSD は急速に低下し，その後は対照区と同程度の値で経過した．しかし，かん水再開後の水分消費量は大きく減少した．

3） かん水の中断により草丈，葉面積並びに乾物重などのトマトの生育は大きく抑制された．しかし，かん水の再開により生育は急速に回復し，その後は対照区と同程度の速度で生育が進んだ．このことは水管理による施設トマトの生育制御の可能性を示唆するものと考えられた．

4） 窒素，りん酸，カリ，カルシュウム並びにマグネシュウムのうち，かん水の中断により窒素の含有率だけが供試したすべての品種で上昇し，無機養分は一定の傾向を示さなかった．

5） かん水の中断による窒素の含有率の変化を部位別に見ると，茎，葉柄並びに果実ではかん水の中断とともに対照区より上昇したのに対し，葉身ではかん水の中断後一時的に対照区より低下し，かん水の再開後対照区より上昇した．

6） かん水の中断により土壌溶液の硝酸態窒素濃度は対照区より上昇した．また，いっ泌液の硝酸態窒素濃度並びにアンモニア態窒素濃度も対照区より上昇した．

7） 土壌溶液の硝酸態窒素濃度といっ泌液の窒素（硝酸態＋アンモニア態）濃度との間には＋0.921の相関係数が得られた．このことからかん水の中断によるトマトの窒素含有率上昇の一因として，土壌溶液の硝酸態窒素濃度の上昇が挙げられた．

引 用 文 献

1) BOYER, J.S. (1970) : Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. *Plant Physiol.* **46**, 233～235.
2) CALDWELL, J.S. (1913) : The relation of environmental conditions to the phenomenon of permanent wilting in plants. *Physiol. Res.*, **1**, 1～56.
3) GATES, C.T. (1955 a) : The response of the young tomato plant to a brief period of water shotage. I. The whole plant and its principal parts. *Aust. J. Biol. Sci.*, **8**, 196～214.
4) ———— (1955 b) : The response of the young tomato plant to a brief period of water shotage. II. The individual leaves. *Ibid.*, **8**, 215～230.
5) ———— (1957) : The response of the young tomato plant to a brief period of water shotage. III. Drifts in nitrogen and phosphorus. *Ibid.*, **10**, 125～146.
6) 花田俊雄・高橋和彦・長岡正昭・吉岡 宏 (1981) : キュウ

リ個葉の光合成に及ぼすN，Mg，P濃度の影響．野菜試報，A.**9**，83～96.
7) 久富時男・藤本幸平 (1971)：低温期のトマトの生育調整に関する研究(第2報)．夜温，土壌水分，光量，苗質および窒素施用量がトマトの生育，収量に及ぼす影響－2要因実験の1/2実施．奈良農試研報，**3**，38～54.
8) 石原　邦・飯田　修・平沢　正・小倉忠治 (1979a)：水稲葉身の窒素濃度と光合成速度との関係．－気孔開度・気孔伝導度に着目して－．日作紀，**48**，543～550.
9) ――――・黒田栄喜・石井龍一・小倉忠治 (1979b)：水稲葉身の窒素濃度と光合成速度との関係．－同化箱法と酸素電極法を用いての比較－．日作紀，**48**，551～556.
10) 伊藤純雄 (1982)：土壌溶液組成の動態測定法と野菜の養分管理．野菜試報，A.**10**，169～184.
11) 小林喜男・水谷慎作 (1970)：トウモロコシの萎凋に関する研究(第1報)．萎凋処理が生育収量に及ぼす影響．日作紀，**39**，71～76.
12) 正木　敬 (1980)：苗齢を異にした鉢育苗トマトの活着性について．昭55年春季園芸学会発表要旨，264～265.
13) ――――・大野　元 (1981)：寡照条件下におけるトマト果実の生育．野菜試報，A.**9**，115～131.
14) 増島　博・昆　忠男 (1963)：畑の土壌水分系と作物の生育に関する研究 II．土壌の水分供給力とチモシーの生育．北海道農試彙報，**80**，70～76.
15) ミルハディ，M.J.・小林喜男・長友武志 (1978)：萎凋処理がグレインソルガム各部の発育に及ぼす影響．日作東海支部研究梗概，**83**，4～12.
16) 坂上行雄・井口卓平 (1968)：水稲の生育と養分吸収に及ぼす登熟期干ばつの影響．作物の干ばつと養分吸収に関する研究(第1報)．土肥誌，**39**，171～175.
17) 鈴木鉄男・金子　衛・鳥潟博高 (1969)：温州ミカンの水分均衡に関する研究(第2報)．葉のW.S.D.測定法における二，三の問題点と土壌水分，施肥濃度がW.S.D.および見かけの同化量に及ぼす影響について．園学雑，**38**，1～8.
18) 高橋英一 (1982)：水分ストレスと植物の生育－水不足とのたたかい．化学と生物，**20**，380～389.
19) 高橋和彦 (1960)：温床床土に関する研究(第2報)．床土の土壌水分がトマト苗の生育に及ぼす影響．園学雑，**29**，313～322.
20) TAKEDA, T. (1969)：Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. *Jap. J. Bot.*, **17**, 403～437.
21) 山崎清功・氏家　勉 (1981a)：傾斜地における土壌水分条件と牧草の生育に関する研究(第1報)．ローズグラスの生育に及ぼす土壌水分の影響．四国農試報，**36**，7～26.
22) ――――・―――― (1981b)：傾斜地における土壌水分条件と牧草の生育に関する研究(第2報)．アルファルファの生育に及ぼす土壌水分の影響．四国農試報，**38**，115～138.
23) 安井秀夫・本多藤雄 (1977)：野菜の生育制御に関する生態学的研究 I．野菜の生長解析．野菜試報，C.**3**，17～50.

Effect of the Water Stress on the Growth and Uptake of Water and Nutrients by Tomatoes

Yoichi ARAKI and Yasushi GOTO

Summary

1. The main purpose of this experiment was to control the growth of greenhouse tomatoes by water management, so as to prevent excessive vegetative growth. The growth and uptake of water and nutrients by tomato plants were examined by subjecting the plants to soil drying immediately after re-rooting of the plants transplanted in plastic pots in a greenhouse.

2. The water saturation deficit of the leaves rose markedly after interruption of watering. After re-watering, the deficit decreased rapidly and then remained of the same level as that of the control plot (Table 3). But the water consumption by the plants was remarkably depressed after re-watering (Table 5).

3. The elongation of stem (Fig. 2), increase of leaf area (Fig. 1), and increase of dry matter production (Fig. 3) were depressed after interruption of watering. But the

depression was rapidly alleviated after re-watering and the plants grew at the same rate as those in the control plot. These results suggest that water management enabled to control the growth of tomatoes under greenhouse conditions.

4. The concent of nitrogen (% of dry weight base) increased in both vegetative parts and fruits of all the cultivars examined after interruption of watering, while the concent of other mineral nutrients showed no apparent change (Table 7).

5. The concent of nitrogen (% of dry weight base) varied with the plant part. It increased in the stem, petioles, and fruits after interruption of watering. But in the laminae the concent of nitrogen decreased after interruption of watering and became higher after re-watering than that in the control plot (Fig. 4).

6. The concentration of nitrate nitrogen in the soil solution increased after interruption of watering (Fig. 7). At the same time the concentration of nitrate and ammonium nitrogen increased in the solution exuding from the plants (Fig. 9).

7. A high correlation coefficient of +0.921 was obtained between the concentration of nitrate nitrogen in the soil solution and the concentration of nitrogen in the exuded solution (Fig. 10). These results suggest that the increase of the concentration of nitrate nitrogen in the soil solution is one of the factors contributing to the increase of the concent of nitrogen (% of dry weight base) in tomato plant after interruption of watering.