トウモロコシの萎凋に関する研究

第2報 萎凋処理が下位節間の伸長および発根性状に及ぼす影響*

小林 喜男・水谷 慎作

(名古屋大学農学部)

緒 言

萎凋中に生長過程をたどっていた器官や組織は、乾生形態の構造をとることが知られており、乾生形態的構造そのものは生長量に増収的傾向をもたらさないことも理解されている⁷⁾。著者らは前報²⁾で、トウモロコシの生育 stage によつては夜間でも回復しない継続的萎凋が必ずしも乳熟期における地上部の減収の原因にならず、時には生長量の増加する場合も見られることを報告したので、その際に起る外部形態的变化中、増収的に作用する原因と考えられる現象を観察していたが、下位節間の伸長程度や発根性状について知見を得たので報告する。

試 験 方 法

実験1： 外観的な生長の目安となる出葉期と各節位の節間伸長の様相、および各節部からの根の伸長の実態を把握するために行なつた。昭和43年1月25日に長野1号を1/2000 a ワグナーポットに播種して、充分にかん水管理をして栽培し、2月26日から4月18日の間に、順次出葉が進むごとに10個体ずつ抜取調査を行なつた。

実験2： 生育初期の萎凋処理が下位節間の伸長生長に及ぼす影響を調査する目的で行なつた。供試品種は長野1号で、9葉期の萎凋処理は、1/2000 a ワグナーポット使用、昭和43年7月29日播種し、8月22日に始め、11日を経過して継続的萎凋に達した日に再かんをした区をB区、継続的萎凋のまま2日間経過させた区をC区、無処理区をA区とした。6葉期の萎凋処理は、温室内に配置した1/2000 a ワグナーポット使用、昭和44年1月25日播種し、3月10日に始め、16日を経過して一時萎凋が現われてから再かん水した区をB区、継続的萎凋に4日間放置した区をC区、無処理区をA区とした。

実験3： 温室内に配置した1/2000 a ワグナーポットに播種した長野1号について、昭和44年3月29日に生育調査を行なつて生長量も下位の節間長も近似

した個体を選出し、第5節部、言葉を換えれば第6節間の下部、から brace roots が2~3cm程度伸長していたものに地表から15cmの培土を行なつた。20日後の4月18日に根を洗い出して調査した。

実験4： トウモロコシの生育初期の萎凋処理が発根性状に及ぼす影響を知るために、前報²⁾の第2実験と同時に行なつた。昭和43年4月26日に長野1号を1/2000 a ワグナーポットに播種し、5月20日に6葉期処理を、また、6月1日に9葉期処理を行なつた。継続的萎凋に達したと判断してから、土壤水分張力の上昇を目標として萎凋の程度に差異を設けた。処理終了後は処理前と同様に充分にかん水管理をして、8月1日乳熟期に達したので収穫調査した。

実験5： 土壤乾燥およびジベレリン処理がトウモロコシの発根性状に及ぼす影響を調査するために行なつた。ホワイトデントコーンを使用し、1/5000 a ワグナーポットと500ccのビーカーに2粒ずつ播種した。ビーカーを用いた試験は2反復し、第1回は5月22日播種、4~5葉出葉期の6月1日から7月1日まで乾燥条件に置き、その後充分に水を与えて8月12日に調査した。第2回は7月1日に播種、7月25日から8月19日まで乾燥条件に置き、10月9日に調査した。ワグナーポット使用の試験は4月25日播種、6~7葉出葉期の5月28日から6月25日まで乾燥条件に置き、その後充分に水を与えて8月下旬調査した。乾燥条件は1週間に1度かん水をして、7日のうち3~4日間植物体が萎凋を示す状態であつた。

ジベレリン処理実験は9月6日1/5000 a ワグナーポットに播種して、8~9葉出葉期の10月中旬にジベレリン100 ppm 溶液を1日1回、連続して5回葉面散布した。

結果および考察

1. 下位節間の伸長について

外観的な生育 stage の目安となる出葉期ごとに、節間の伸長状況を調査した実験1の結果を、各節間が個有の長さ達したものを100とし、生長過程でその何%伸長しているかを計算して取まとめたものが第1

* 昭和44年7月29日受理

第1表 出葉期と各節間の伸長程度 (%)

節 間	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
17					85	68	34	17	9	5	4	3
16				100	82	46	17	9	5	3	2	2
15				72	60	31	12	6	4	2	2	2
14			100	59	27	8	3	2	1	1	1	1
13			80	42	13	4	2	2	1			
12		100	77	17	5	2	1	1				
11		80	16	4	1	1						
10	100	32	11	3	1							
9	—	21	6	1								
8	—	12	2									

表である。

10 葉出葉期には第4節間までの伸長が終り、12 葉出葉期には第5節間が、14 葉出葉期には第6節間が伸長を終了して、順次上位の節間が伸長して行く様相を示している。

6 葉出葉期および9 葉出葉期に萎凋処理したトウモロコシの各節間の伸長程度が無処理に比し、増加或いは減少している様相を調査した実験2の結果を第1図に示した。

第1表と照合してみると、9 葉期処理のB区は処理終了時には葉位が12 葉に進んでいて、伸長生長中の第9節間までが伸長が抑制されていた。C区では処理終了時に12 葉で出葉は停滞していたが、無処理区は12.5 葉に達しており、伸長を始めている第11節間まで影響を受けていた。6 葉期処理のB区は処理の期間に9~9.5 に葉位が進行していて、伸長生長中の第8節間まで影響を受けて伸長生長が阻害され、C区は出葉が9.5 で停滞してしまつたが、その間に無処理区は

12.5 葉になつており、無処理区で伸長を始めている節間に相当する節間、第11節間まで伸長生長が阻害されていた。それより上位の節間の伸長は、6 葉期処理でも9 葉期処理でも、補償的に増大して無処理区より長くなつていた。

このように処理期間中に生育の age に従つて次々と伸長して行く節間は、生長が阻害されて短くなる。各節間長を累計して示したものが第2図で、乳熟期における地上部の生育量に悪影響を与えない程度の萎凋処理区についてみると、第7節までが15 cm 程度となつて無処理より10 cm 程度低く位置し、crown の先端が地表下3 cm 程度の処にあるのが普通であるから、12 cm の培土で第7節部が地表となり、第7節部から発生した根は十分に伸長発達出来るであろう。20 cm 以上の培土は断根等を考慮すれば作業上困難となり、無処理区では第6節部よりの根しか利用出来ないことと思われる。

2. 発根性状について

トウモロコシの生育が進むと地上部の地表に近い節

第1図 萎凋処理による下位節間長の変化

第2図 萎凋処理による同位節の地表からの高さ
注) 9, 6 葉期処理共 B, C は第1図の B, C と同じ。

第2表 出葉期と各節位からの発根状況

発根節部	2	3	4	5	6	7	8	9	稈長 (cm)
17					E	L	S	S	95.2
16					E	L	S		71.3
15				E	L	S	S		55.4
14				E	L	S			33.1
13			E	L	S	S			28.0
12			E	L	S				17.5
11		E	L	S	S				8.61
10		E	L	S					4.17
9	E	L	S	S					3.21
8	E	L	S						2.08
7	L	S	S						1.40
6	L	S							0.91

注)「S」は根の伸長始期,「L」はその程度が進んだもの,「E」は伸長開始期

部から発根し,これらは **brace root** または **prop** と呼ばれていて⁶⁾, トウモロコシが倒伏すると正常では発根しない相当上位の節部からも発根することが知られている. 上位の節部から発生した根は太く, 下位になるに従って細くなるが, 稈を縦断してみると, 第3節以下が **crown** の状態となり, 節網維管束³⁾ が良く発達して節の区別が付き難いのに対し, 第3節と第4節の間には, 節間柔組織が僅かながら発達して節網維管束が分れ, 節の区別が明瞭となる場合が多く, 第4節部から発生する根は環状に並び, 第3節以下の根の **group** と区別し易いので, 収穫物の調査では第4節以上の節部から発生した根を調査の対象とした¹⁾.

根の原基の分化の時期は, 熊沢⁵⁾によれば, 当該部の最近周部維管束⁴⁾が前維管束の状態として, 基本分裂組織中に分化を開始するのとはほとんど同時であり, 早い時期であるが, 茎の伸長が始まると伸長した節間の下部(下の節に近い部分)に小円形の白点として緑色の稈の表面に現われてくる. この時期を伸長始期「S」とし, 更に発育が進んで比較的大きな白点として見える時期を「L」, 一層発育が進んで稈の表面から外部

へ突出して伸長を始める時期を伸長開始期「E」として, 出葉期との関係を実験1の調査からまとめたものが第2表である.

8葉出葉期に第2節部からの根の伸長が見られ, 10葉出葉期には第3節部, 12葉出葉期には第4節部, 14葉出葉期には第5節部と, 2枚の出葉期ごとに規則正しく順次下位の節部から根の伸長開始が行なわれていた. 圃場では, 伸長を始めた根は水で良く膨潤する膠質物で保護されているが, 3~5cmで伸長を停止するものが多く, 10cm以上も空中を伸長して地中に入るものは, 倒伏茎の下側になつた **brace root** で見られるが, 正常のものではほとんど見掛けられない. 地表近くの節部から発根したものは地表に達すると, 数多くの細根を分岐し放射状に開きながら地中に入進して, 発達した吸収根になることが観察される.

実験3で観察された結果は第3表, 第3図に示すように, 3cm程度伸長してそこで伸長を停止している第5節部の根は, 培土してかん水しても分岐することがなく, 直上位の第6節部からの発根が見られ, この

第3表 培地による発根例

区分	節部	吸収根	伸長停止	伸長始め	伸長開始前
培土	7	—	—	—	19
	6	13	—	1	—
	5	4	5	—	—
	4	4	—	—	—
無処理	7	—	—	—	14
	6	—	—	15	—
	5	2	7	—	—
	4	7	—	—	—

第3図 培土による発根状態を示す模式図

第4表 節部別発根数(6葉期萎凋処理)

区分	無灌水 日数	石膏ブ ロック値 (KΩ)	地下部 乾物重 (g)	発根 節部	発根数						平 均	4節以上 の合計
					1	2	3	4	5	6		
A	—	—	21.8	6	10	14	14	12	12	13	12.5	26.84
				5	8	10	8	9	8	9	8.67	
				4	6	6	5	5	6	6	5.67	
B	22	40	19.4	7				17			4.25	32.5
				6	17	12	14	11			13.5	
				5	10	7	11	8			9	
				4	7	6	5	5			5.75	
C	24	65	18.0	7			14				3.5	32.75
				6	18	13	9	15			13.75	
				5	15	12	5	8			10	
				4	8	5	3	6			5.5	
D	28	130	13.7	7				16			3.2	31.4
				6	10	15	11	15	15		13.2	
				5	7	12	7	9	10		9	
				4	5	9	6	4	6		6	
E	31	250	11.9	6	12	10	11	10	10	12	10.83	26.17
				5	10	11	9	9	9	10	9.67	
				4	5	8	4	6	4	7	5.67	
F	34	500	11.3	6	12		14		12		7.6	24.4
				5	6	14	9	14	9		10.4	
				4	5	11	5	7	4		6.4	

第5表 節部別発根数(9葉期萎凋処理)

区分	無灌水 日数	石膏ブ ロック値 (KΩ)	地下部 乾物重 (g)	発根 節部	発根数						平 均	4節以上 の合計
					1	2	3	4	5	6		
A	—	—	22.1	6	15	16	18	13			15.5	34.25
				5	11	12	19	9			12.75	
				4	6	6	7	4			6	
B	7	25	32.7	6	17	18	20	14	17		17.2	35.8
				5	10	11	15	11	12		11.8	
				4	6	8	7	6	7		6.8	
C	8	40	24.9	6	13	17	15	18			15.75	34.25
				5	12	13	8	13			11.5	
				4	8	8	5	7			7	
D	11	65	21.8	6	13	15	15	14			14.25	32.75
				5	12	11	10	12			11.25	
				4	8	6	9	6			7.25	
E	12	130	19.9	6	13	14	14	14	13	14	13.67	32.67
				5	12	9	16	10	12	11	11.67	
				4	4	7	7	6	9	7	7.33	
F	17	320	15.1	6		13	14	13	13	14	11.17	31.67
				5	16	11	12	12	11	13	12.5	
				4	7	9	8	9	7	8	8	
G	20	800	14.7	6				15			3	25
				5	15	15	12	12	15		13.8	
				4	9	8	9	5	6		7.4	

第6表 出葉期と節間伸長程度および発根の様相

節 間	4	5	6	7	8	9
17				E	95 L	68 S
16				100 E	82 L	46 S
15			E	72 L	60 S	31 S
14			100 E	59 L	27 S	8
13		E	83 L	42 S	13 S	4
12		100 E	77 L	17 S	5	2
11	E	81 L	16 S	4 S	1	1
10	100 E	32 L	11 S	3	1	
9	—L	21 S	6 S	1		
8	—L	12 S	2			

注)「S」は根の伸長開始期,「L」はその程度が進んだもの,「E」は伸長開始期

根は吸収根として十分に発達していた。培土をしない個体では第6節部からの根は僅かに伸長を始めたにすぎなかつた。この結果から、トウモロコシの age の進行と共に節部付近の活性に順序よい変化が起り、節位ごとの発根は根の伸長発達にかかわらず順次上位の節に移り、発根した根は外圍の条件が適しておれば、分岐・発達して吸収根になるものと思われる。

生育の初期に萎凋処理をしたトウモロコシの発根状態を乳熟期に 18, 19, 20 節の個体について調査し、発根数は地表に達して細根を放射状に発生したものについて数えた実験4の結果を第4表、第5表に示した。地表に達しないで終つた brace roots は更に上位の節にも見掛けられた。

6葉期処理では、継続的萎凋に達した日に再かん水したB区、その後2日および4日無かん水で経過したC、D区で、無処理区より地上部の生育量が少いにもかかわらず、根数が増加していた。発根部位別にみると、第4節部や第5節部からの発根数には大差がないが、第6節部からの発根数が増加しており、第7節部から発根した個体もあつた。更に処理の強い各区では、第4節部、第5節部からの発根数が増加し、上位の第6節部からの発根は抑制される傾向がみられた。

9葉期処理では、継続的萎凋に達した日に再かん水したB区、更に2日無かん水で経過したC区では、地上部の生育量も無処理に比して優れる傾向があつたが、地下部の乾物重や根数も同様に増加の傾向があつた。発根部位別にみると、B、C区は第6節部からの発根数が多く、更に処理の強い各区では、処理期間中に伸長を始める第4節部や第5節部からの発根数が多くなる傾向が見え、第6節部からの発根数は減少した。

第1表および第2表から、下位の節間に限つて、茎

の伸長程度と根の伸長の様相とを対比して第6表を作つた。根の伸長は節間の伸長が完了する頃その下部から始まり、順次規則正しく上位の節に移行して行く。

6葉期萎凋処理は継続的萎凋に達する日数を長く要し、9葉期の処理は比較的短い日数で、その間における無処理区の出葉の進行は共に 12.5 葉と生育の stage は揃つていた。下位節間の伸長程度と根の伸長とは密接な関係があり、しかも植物の age により規則正しく上位の節部に移行することと併せて考えて、比較的弱い程度の継続的萎凋では、萎凋期間中に伸長を始める第4節部および第5節部からの発根が阻害される傾向があつて、再かん水後に伸長を始める第6節部、時には第7節部からの発根が旺盛となり、比較的強い程度の継続的萎凋では、萎凋期間中に伸長する第4節部、第5節部からの根の伸長が旺盛となり、再かん水後に伸長を始める第6節部からの発根は逆に抑制される結果となつた。

ピーカーによる実験では、無処理区の発根は4～5節部までで、それ以上の節部の発根は停止したが、乾燥条件にあわせた区はほとんど第6節部からも発根をきたし、明らかに発根節位の上昇がみられ、2回目の実験でも同様の傾向で、著しく乾燥させたものでは第8節部から発根する個体もみられた。

pot 実験の結果は第7表に示す通り、無処理区では

第7表 乾燥およびジベレリン処理が発根に及ぼす影響

区	項目	最上位発根節	最上位根原基分化節位	草 丈 (cm)
乾燥	無処理	6.0	11.0	147.5
処理	処 理	7.6	10.8	194.2
ジベレリン	無処理	5.0	6.8	132.0
処 理	処 理	5.8	7.1	170.9

平均第6節部まで発根を示したが、乾燥条件にあわせて区は7～8節部より発根をきたした。これらの上位節部より発根した根で地表面に達したものは、地中深く伸長し多くの側根を分岐しているのが観察された。ジベレリン処理によつても同様の現象がみられた。

乾燥、ジベレリン処理いずれの場合にも、根原基の分化している最上位節部は無処理のものと比較して大差ないので、乾燥或いはジベレリン処理は主として根原基の伸長生長に影響を及ぼすものと考えられる。

なお、乾燥処理区の草丈は無処理区のそれより大きく、これは上位の節間および葉鞘・葉身が伸長した結果であり、節数の増加によるものではないことが知られ、ジベレリン処理でも同様に草丈の伸長が認められて、乾燥条件とジベレリン処理が何らか類似の影響をトウモロコシに与えるようであつた⁸⁾。

摘 要

前報²⁾に引続いて、継続的萎凋に遭遇したトウモロコシの形態的変化について検討し、萎凋期間中に生長する下位節間の伸長や発根性状について知見を得た。

1. 萎凋期間中に伸長している下位の節間の生長量は抑制されて節間長が短縮し、上位の節間は補償的に伸長が旺盛になつていた。下位の節間が短縮することは、地表に接近している節数が増加し、無処理区の同位節に比較して地表に近く、培土作業で容易に地中に入る結果となる。

2. トウモロコシの下位節部からの発根は、下位の節部から順次規則正しく上位の節部に及び、節間の伸長と密接な関係があつて、節間の伸長終了と共に根は外部に伸長を始める。伸長が或る程度進んでも環境条件が不適であれば、分岐発達をせずに停止してしまい、環境条件の好転によつて更に上位の節部からの発根が促される。

3. 継続的萎凋に遭遇したトウモロコシはその萎凋程度が比較的弱い場合には、再かん水後に発根する節部からの発根数が増加するが、萎凋程度が強くなると

再かん水後の発根数が減少する。萎凋期間中に伸長を始める節部からの発根数は逆の傾向を示し、比較的弱い程度の萎凋では減少し、強い萎凋では増加していた。

4. 乾燥処理とジベレリン処理は地上部の生長や発根性状に同傾向の変化を及ぼし、トウモロコシに類似した影響を与えるようであつた。

ジベレリン処理の実験につき、清水正治教授のご援助を戴いたことを記して感謝します。

引用文献

1. 小林喜男・水谷慎作 1969. トウモロコシの萎凋が発根節位の上昇と生育収量に及ぼす影響. 日作東海支部研究梗概 54: 32—36.
2. 小林喜男・水谷慎作 1969. 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(投稿中)
3. 熊沢正夫 1942. トウモロコシの維管束解剖. 第4報 節網維管束の起原の構造. 植雑 56: 528—536.
4. 熊沢正夫 1944. トウモロコシの維管束解剖. 第5報 トウモロコシ茎の維管束分化順位並に合成維管束・最近周部維管束の走向. 植雑 59: 42—52.
5. 熊沢正夫 1958. トウモロコシの維管束解剖. 第6報 側枝及び不定根と母軸との維管束連絡. 植雑 71: 70—76.
6. 永井威三郎 1951. 実験作物栽培各論. 上巻 禾穀類篇. 養賢堂. 東京. 408—441.
7. アクシーモフ, N. A. 1952. 植物と水——植物の水分生理と耐乾性に関する論文集. 野口弥吉監修・川田信一郎・菅原友太・佐藤勇・高橋英二共訳. 1959, 刀江書院, 東京.
8. 清水正治・小林喜男・加納春平 1969. トウモロコシの発根性状に及ぼす土壤乾燥及びジベレリン処理の影響. 日作東海支部研究梗概. 54: 39—40.

Studies on the Wilting Treatment of Corn Plants

II. The influence of wilting on the elongation of lower internodes and the behavior of rooting

Yoshio KOBAYASHI and Shinsaku MIZUTANI

(*Faculty of Agriculture, Nagoya University, Nagoya*)

Summary

It has been known that the organs and tissues developed under wilting show the various morphological changes in the xerophyte plants and that the morphological changes due to dryness itself may not be able to increase the yield because all cells, tissues and organs diminish in size because of water deficit.

The authors reported in previous paper that the fodder yield does not always decrease by the treatment of successive wilting. At the same time they observed such phenomena seemed to be the cause of the increased fodder yield by some morphological changes resulted from successive wilting at some stages of the developments.

In the present paper the phenomena, i.e. the elongation of lower internodes and the appearance of the root developments by the wilting treatment are reported.

1. The elongation of lower internodes which developed during the wilting period from 6 or 9 leaves age to 12.5 leaves age, was retarded and the length of lower internodes became short. On the contrary the growth of upper internodes became supplementally vigorous. As the result of shorting of the lower internodes, the more nodes may be covered with soil easily by the work of hilling.

2. The brace roots from lower nodes begin to elongate from the lowest node at first and thereafter regularly from the upper ones. This pattern seems to indicate that there may be some relationship between rooting and internodal elongation. Under the unsuitable circumstances the brace roots stop to elongate about 3~5 cm in length without branching and after then, even if the circumstances become better they do develop no longer, though the development of brace roots from the upper nodes is accelerated.

3. On corn plants experienced the successive wilting a number of roots become elongate after rewatering and as the results the number increase when wilting is not so hard, though they decrease when it is hard. The number of roots that begin to elongate during wilting period have the inclination to be reversed.

4. The influence of GA treatment on the growth of corn plants and the behavior of rooting was discussed from the hormonal stand point of view referring to the effects of gibberellin on them carried out by the writer and others.