

トウモロコシの晩霜害と種子の覆土深との関係

櫛 引 英 男* 桑 畠 昭 吉*

稚苗の生育初期に剪葉したホールクロップのTDN収量は生育の進んだ時点におけるよりも高かった。しかし、いずれの場合も播種期を遅らせたよりも多収であった。降霜被害を左右すると考えられる生長点の深さは覆土深と正の直線回帰により示されたが、稚苗の生育に伴って地表面に移動した。2.5葉期において、生長点の深さを1.0 cm確保するに必要な覆土深は2~3 cmと推定された。降霜害をうけた農家圃場において、1 cm前後に覆土された個体には生長点に被害をうけて枯死した個体が多く、また被害後の生育も不良であった。しかし、3 cm前後に覆土された個体はほとんど枯死せず、良好な生育を示した。以上、晩霜被害は覆土深を一定以上に保つことによって軽減され、播種期を遅らせることよりも有利であると推論された。

緒 言

1966年に寒冷地におけるトウモロコシの早期播種は生育を促進して多収をもたらすこと、さらに個体の生育を頑強にして、倒伏発生の防止にも効果的であることが発表された⁸⁾。1980年には寒冷地の不安定地帯においても同様に早期播種の有利であることが発表されている^{6,10)}。これらのことから寒冷地におけるトウモロコシの播種期は5月10日前後から5月15日まで、限界地帯においても5月20日から25日までには終るよう

に指導されている。他方、寒冷地においては早期播種を左右すると考えられている要因に、晩霜被害がある。これに関連して、1965年の晩霜被害個体の調査結果から、著者らは被害後の生育の良好な個体の覆土深は生育不良な個体のそれよりも深いことを認め、これには稚苗の生長点の深さに関連していると推測した²⁾。

本報は、晩霜被害が物理的なものと仮定し、これを想定した稚苗の剪葉による影響を播種時期との関連で検討し、また種子の覆土深の差による生長点の深さの差を認め、これらから晩霜被害と覆土深の関係を推論したものである。

1973年に十勝地方の山麓地帯に晩霜があり、トウモロコシを含む畑作物約700haに被害がみられた。トウモロコシ被害農家のうち、2戸の圃場について調査した結果を併せて報告する。

材料および方法

試験Ⅰ：稚苗の剪葉と播種時期の影響

十勝農試の標準栽培法による圃場試験である。施肥は施肥機により、播種は手播きで行なった。また、覆土は手レーキにより3~4 cmとした。

材料は早生の単交雑「W 49×WH」と晩生の3系交雑「W 573」を用いた。前者の全出葉数14.0枚であり、また後者では19.5枚である。

試験方法は表1の通りである。

剪葉は手鋏により表1の時期に行なった。剪葉位置は稚苗を直真に伸ばした草丈を10とし、地表から10分の5(5/10)および10分の1(9/10)の位置を水平に剪った。

試験の行なわれた1973年は気象的にはほぼ平年並であり、また病害および倒伏などの発生もほとんどみられなかった。

試験Ⅱ：覆土深と生長点の深さの関係

木製の植箱(縦45 cm×横150 cm×深さ15 cm)による試験である。まず、十勝農試圃場の土壌とパーミキュライトを等量混合し、これを上記植箱に傾斜させて詰めた。次に傾斜面に播種して、覆土は表面が水平にな

1980年5月22日受理

* 北海道立十勝農業試験場, 082 河西郡芽室町
新生2

表 1 試験方法の概略

区 別		試験区配置 と栽培法	
播 種 期	剪 葉 処 理	剪 葉 日	
5月11日	草丈の9/10	5月29日, 6月2日, 6日, 12日, 21日	乱 塊 法 3 反復 1区面積 6.7~13.5㎡ 栽植密度 5555本/10a N:P ₂ O ₅ :K ₂ O:MgO ₂ 12:15:10:4kg/10 a
"	草丈の5/10		
"	無 剪 葉		
5月25日	"		
6月20日	"		

るように行ない、これにより覆土深の差を変えた。これを常温下のガラス室におき、播種後12日および32日目にその生長点の深さを調査した。供試材料は試験Ⅰと同じである。生長点は肉眼により判定し、これによって生長点の深さを測定した。

試験Ⅲ：晩霜被害の圃場調査

1973年6月12日に十勝地方の上士幌、鹿追、士幌、及び新得など大雪山系の山麓地帯に晩霜がみられた。トウモロコシの被害面積は約300haである。降霜後の回復を期待できないと判断し、再播した農家もあった。

降霜2週間後の7月3日に上士幌町萩が丘酪進の津田潤氏圃場(品種; P3715)と鹿追町爪幕農友の遠藤秀雄氏圃場(品種; P3620)を調査するとともに、稚苗を採取した。

結 果

試験Ⅰ：稚苗の剪葉と播種時期の影響

図1は早晩性2品種における剪葉の程度と時期及び播種時期の差が、10a当りTDN収量に及ぼす影響をみたものである。

まず、早生の「W49×WH」についてみると、5/10剪葉のTDN収量は5月末の処理までほとんど減収しなかったが、7.0葉期の6月21日処理では約5%ほど減収した。9/10剪葉のTDN収量は2.0葉期の5月29日処理で約10%の減収が認められ、処理時期の遅れに伴なって減収は著しくなり、6月21日処理では25%の減収となった。6月21日処理による減収には剪葉後回復せず個体が枯死した分も含まれている。しかし、播種時期の遅れによるTDN収量の低下は、同時期の剪葉処理による低下よりも常に著しかった。

同図の右下に示した生長点の深さと剪葉処理による収量への影響をみる。3.5葉期までの生長点の深さは約1.0 cmである。この時点まで草丈5/10剪葉による減

収はほとんどみられず、また草丈9/10剪葉では10%内外の原収に留まった。4.5葉期の生長点の深さは約

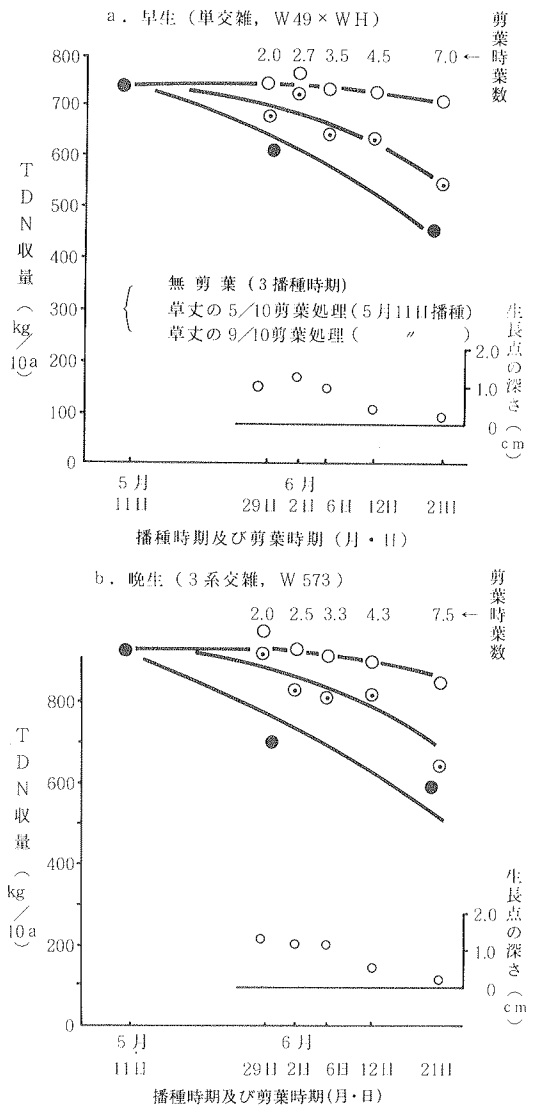


図1 播種時期別及び剪葉処理とTDN収量

0.5cmであり、また7.0葉期のそれは約0.2cmであった。これらの時期におけるTDN収量の剪葉による減収は草丈5/10剪葉で5%以内、草丈9/10剪葉で15~25%となった。

次に晩生の「W 573」についてみると、ほぼ「W 49×WH」と同様の傾向を示した。すなわち、3.3葉期の生長点の深さは約1.0cmで、この時期の草丈5/10剪葉においてはTDN収量の減収傾向が僅かにみられ、草丈9/10剪葉においては約10%の減収となった。以後、剪葉においてはTDN収量は漸次低下した。7.5葉期の生長点は約0.2cmとなり、草丈5/10剪葉の減収は約10%、また草丈9/10剪葉のそれは30%となった。しかし、いずれの処理においてもそのTDN収量は播種期を遅らせるよりも高かった。

試験Ⅱ：覆土深と生長点の深さの関係

図2は覆土深の差による生長点の深さをみたものである。両品種ともに、いずれの時期においても覆土深と生長点の深さの間には正の直線関係が示された。また、回帰式に示されたように、播種後12日目の生長点の深さは32日目のそれに比し大で、覆土深との直線関係はやや大きい勾配を示した。

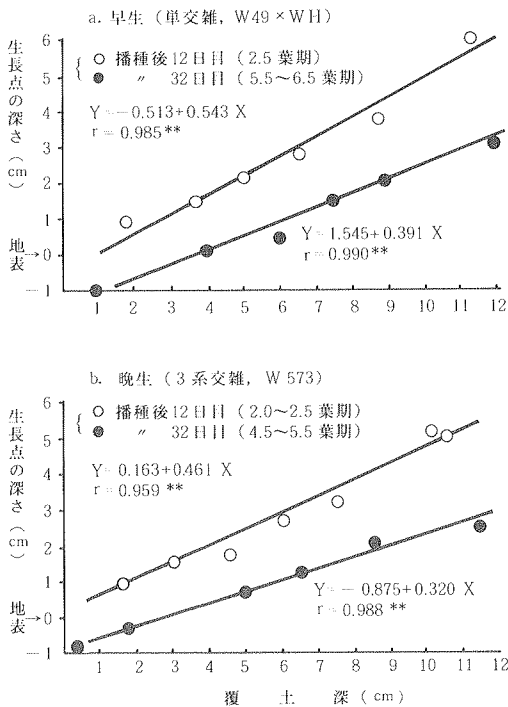


図2 覆土深と生長点の深さ

「W 49×WH」の播種後12日目における成長点の深さは、いずれの覆土深においても地表面より上にすることはない。この時期に、生長点の深さが1.0cm以上になる時の覆土深は3.0cm以上であった。また、32日目において、生長点の深さ1.0cmおよび0.3cmとなる覆土深はそれぞれ6.5および3.0cm以上となった。

「W 573」の場合も、ほぼ「W 49×WH」と同様である。播種後12日目および32日目において、生長点1.0cmとなる覆土深はそれぞれ約2cmおよび6cmとなった。

試験Ⅲ：晩霜被害の圃場調査

〔上士幌〕：降霜時の出葉数は3~4葉期で、整地が不十分であり、覆土深は個体により不斉であった。圃場の2/3の個体は草丈の8/10が被害をうけたと推定された。降霜後の21日目に、立毛中の個体を図3の様に「A」、「B」および「C」に区分し、各個体毎に覆土深と生育調査を行ない表2の結果をえた。

区分「A」、「B」および「C」の間には明らかな生育量の差がみられた。区分「A」および「B」の覆土深は 2.65 ± 0.71 cmおよび 3.20 ± 0.54 cmであったが、「C」の

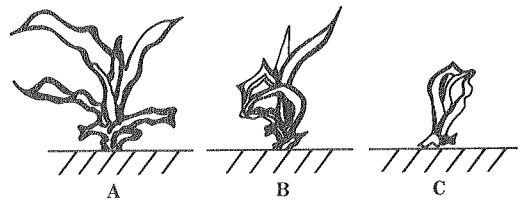


図3 降霜後の生育程度区分 (上士幌)

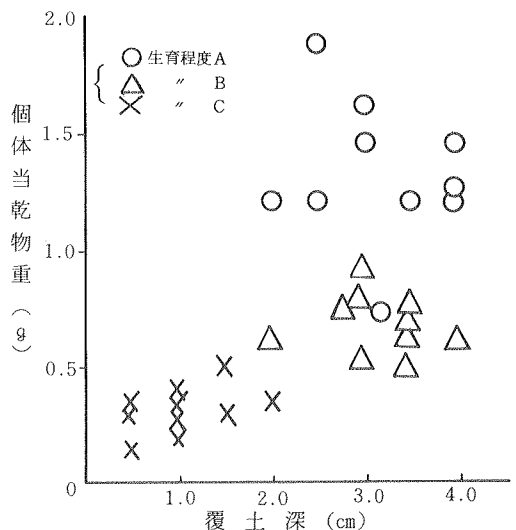


図4 降霜後の個体当り乾物重と覆土深

表 2 降霜後の生育程度と覆土深 (上土幌)

生育程度	草 丈	葉 数	乾 物 重	覆 土 深	被害葉位
	cm	枚	g/pl	cm	枚
A	36.9±4.9	7.60±0.21	1.31±0.31	2.65±0.71	2.95±0.55
B	30.9±3.1	6.85±0.47	0.66±0.13	3.20±0.54	3.20±0.30
C	19.4±3.5	5.95±0.76	0.33±0.10	1.05±0.50	2.95±0.44

それは 1.05 ± 0.50 cmと浅かった。図 4 は表 2 の覆土の深さと乾物重の関係を示したものである。覆土深 1 cm 前後の個体の乾物重が著しく低いことが認められた。

〔鹿追〕：降霜時にはほぼ全個体の地上部が完全に枯死した状態であった。

表 3 は降霜後の 21 日目に圃場の平均的な生育状態にあると考えられた位置において、連続 10 畦、各畦 30 個体を調査した結果である。枯死個体はいずれも生長点が被害をうけており、30 個体中平均 6.4 であったが、2 本立てがあったために、欠株率は 14.1 % に留まった。

この圃場は播種後に填圧されていたが、畦間で覆土深の差が大きかった。そこで、枯死個体発生程度によって畦を区分して、表 4 の結果を得た。枯死個体 100 % の畦の覆土深は 1.00 ± 0.31 cm、20～30 % 及び 0 % の畦の場合はそれぞれ 2.20 ± 0.48 及び 2.10 ± 0.31 cm であった。

表 3 連続 10 畦の降霜被害枯死個体の発生 (鹿追)

	平 均 値	標準偏差
全 個 体 数 (本)	30.0	0
枯死個体数 (本)	6.4	11.5
生存 " (本)	23.6	9.5
欠 株 率 (%)	14.1	6.9

表 4 降霜被害枯死個体の発生と覆土深 (鹿追)

枯死個体の発生割合	覆 土 深
%	cm
100	1.00 ± 0.31
20～30	2.20 ± 0.48
0	2.10 ± 0.31

注：各 20 個体調査

考察と論議

早播に伴う霜害被害を考える場合、播種期の遅れによって倒伏が増加することがあるものの、どの程度減収するかということが問題となる。著者らは⁸⁾、播

種期を 10 日遅らせることによって TDN 収量が 10 % 以上減収する結果を得ており、また晩播によって減収傾向を示す結果は他にも発表されている^{6, 10)}。このようなことから早播効果の高いことは疑いのないことと思われる。

本報告はこの早播効果の高いことを前提にして行なったものである。

寒冷地において、トウモロコシの播種期を決定する一般的な要因として次の 2 点があげられる。1 つは地温が 10°C または日平均気温が 12.5°C 以上でなければならないこと^{1, 7, 9)}、他は晩霜害をさけることである⁷⁾。

前者については、低温による不発芽や発芽不良による欠株の発生を考慮したものと思われる。しかし、種子自体は 10°C 以下で発芽し、殺菌剤の種子粉衣によって低温下発芽でも 20～25 日間は種子の発芽力が保持され³⁾、また圃場発芽には $150 \sim 200^{\circ}\text{C}$ の日平均気温の積算温度で十分であるとする報告がある^{4, 9)}。また、寒冷地においては整地播種後 20 日間で日平均気温の合計 200°C の得られない地域はないと考えられる。これらのことを考慮すれば、寒冷地において温度条件から播種期を制限する理由はかなり薄いと考えられる。

もう 1 つの要因である晩霜害は、個体が枯死する原因となることと、枯死しないまでも被害個体は播種期を遅らせるより減収するかもしれないと考えたからであろう。播種時期は晩霜害に遭わないように決定されなければならないとする考えは、1960 年代半ばまで一般的であったと思われる。しかしながら著者らは²⁾、1965 年に、晩霜被害後の稚苗の生育回復は覆土が一定の厚さにあることをみた。本報告においても同様の結果がえられた。

晩霜被害後の回復に一定の覆土の厚さが必要とされる理由には 2 つの事柄が考えられる。第 1 の理由は生長点が被害をうけないで個体が枯死に至らないことであり、第 2 の理由は被害後の生育回復に必要な生存部分をできるだけ多く確保するということであろう。

生長点被害は致命的である。本報告中の実験において、生長点が地表近くになった時点の草丈9/10剪葉には枯死個体がみられた。実際の農家圃場における枯死個体の覆土深は1 cm前後と浅く、枯死個体の生長点は被害をうけていた。降霜時の葉数が3～4 cmであることから、この時の生長点の深さは図2より地表際前後にあることが推定できる。これらのことから、農家圃場における枯死個体の発生は生長点が地表近くに位置していたために晩霜被害をうけたと推察される。

被害後の生育回復に必要な生存部分をできるだけ多く確保するという点について、本報告では残存部を多くする草丈5/10剪葉は残存部分を少なくした草丈9/10剪葉よりも減収程度が小さかった。

図1において、草丈5/10剪葉によりTDN収量の減収がみえはじめた処理時期の稚苗の生育は3.3～3.5葉である。この時期の草丈9/10剪葉による減収は無処理の約10%であり、Cloninger, F.D. et al.⁵⁾もほぼ同様の結果をえている。そして、この時期の生長点の深さは約1.0 cmである。霜害による減収を上記の程度に留める生長点の深さを約1.0 cmと仮定して、必要な覆土深を図2から推定すれば、2.0～2.5葉期の晩霜害では2～3 cm以上、また5.0～7.0葉期では6～7 cm以上となる。

以上、晩霜被害を想定した剪葉によるTDN収量の減収は生長点の深さが浅くなる稚苗生育後半の処理ほど大きく、また生存部分の少ない草丈9/10剪葉で大きかった。しかし、いずれの処理も播種期を遅らせた場合に比べて減収程度は少なかった。生長点の深さは覆土深と正の直線回帰の関係にあり、また稚苗の生育に伴って地表面近くに移動した。晩霜被害農家圃場の調査から、覆土深1 cm内外の畦には枯死個体がみられ、また被害個体の回復が遅いことが認められた。これらのことから、早期播種の場合に問題となる晩霜被害は覆土深を一定以上の深さとすることによって著しく軽減されることが認められた。そして、晩霜被害を想定した剪葉処理の結果から、それによる減収を10%に留めるのに必要な覆土深は2～2.5葉期においては2～3 cm以上、また5～7葉期においては6～7 cm以上と推定された。実際には、晩霜害の危険な時期は5月一

杯、晩くとも6月初めである。この時に出葉数が6葉以上となる地帯は極く少なく、従って多くの場合、整地をていねいに行なって、覆土を3 cm前後となるようにすれば、もし晩霜があった場合その被害は最小限に抑えることができると思われる。

謝 辞

本稿のとりまとめに当っては、十勝農業試験場斉藤正隆氏の懇切丁寧なる御指導と御校閲をいただいた。ここに深甚なる謝意を表する。

引用文献

- 1) 江原薫.“栽培学大要”. 養賢堂. 東京. 1970. p. 75
- 2) 櫛引英男, 国井輝男.“「とうもろこし」の霜害に関する調査”. 北農. **33** (12), 49–51 (1965).
- 3) 櫛引英男, 仲野博之.“トウモロコシの発芽に関する耐冷性とその検定法に関する研究, 2. 低温発芽性の検定法と表示”. 北海道立農試集報 **35**, 1–7 (1976).
- 4) 櫛引英男.“寒冷地におけるサイレージ用トウモロコシの原料生産特性と早晩生品種の配合に関する研究, (II)”. 日草誌. **25**, 144–149 (1979).
- 5) Cloninger F.D.; Zuber M.S.; Horrocks R. D., “Synchronization of flowering in Corn (*Zea mays* L.) by clipping young plants”. Agron. J. **66**. 270–272 (1974).
- 6) 根釧農業試験場編.“根釧地方におけるサイレージ用とうもろこし導入試験” 1980. p. 1–54.
- 7) 野口弥吉監修.“農学大辞典”. 養賢堂. 東京. 1961. p. 399.
- 8) 仲野博之, 国井輝男, 櫛引英男.“冷害年次における「とうもろこし」の播種期試験成績”. 北農. **33** (5), 9–14 (1966).
- 9) Samuel R.A.; Scott W.O.; Earl R.L., “Modern Corn Production”. The Farm Quarterly. Cincinnati, Ohio. 1969.
- 10) 天北農業試験場編.“天北地域におけるサイレージ用早生とうもろこしの栽培法に関する試験成績”. 1980. p. 1–28.

Relationship between Planting Depth of Seed and Seedling Damage by Late Frost in Maize

Hideo KUSHIBIKI and Shokichi KUWAHATA*

Summary

For the objects of investigating the relationship between planting depth of seed and seedling damage by the late frost, some experiments with planting stages, clipping plant imitated the frost damage, and planting depth affecting the depth of growing point from soil surface were performed in 1973 at Memuro. Moreover, the relation between seedling standing and planting depth in the field damaged by late frost injury was investigated in two farms of piedmont area in Tokachi district. The results obtained were as follows:

1. In the whole crop T D N yields at harvest stage, the effects of clipping treatments at early stages were relatively more higher than the treatments at late stages, and the 5/10 treatments concerning to seedling plants height were higher than the 9/10 treatments. T D N yields carried out by their any treatments were relatively higher than the yields of the late planting corresponded with clipping treatment stage.

2. The growing point depth of seedling from soil surface was related with the planting depth indicating positive linear regression, and moved with advancing of seedling growth to soil surface.

3. It is estimated that the planting depth used to guaranteeing growing point depth about 1cm from soil surface are 2 to 3 and 6 to 7 cm at 2 to 3 and 5 to 7 leaf stage of seedlings, respectively.

4. In the field, the dead seedlings were happened in the row of planting depth about 1 cm. However, the seedlings planted with depth of about 2 to 3 cm were grown in smoothly after frost injury and not to death.

5. From above-mentioned results, it is recognized that damages by late frost in early planting was reduced remarkably by making to deep planting depth effectively. It is estimated that the early planting showed more favorable than the late planting in spite of late frost by keeping suitable planting depth.

* Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station Memuro, Hokkaido, 082 Japan