

暗黒下での低温によるイチゴの花芽分化誘導に及ぼす体内窒素濃度の影響

誌名	野菜・茶業試験場研究報告. D = Bulletin of the National Research Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea. Series D
ISSN	09152458
著者名	古谷, 茂貴 山下, 正隆 山崎, 篤
発行元	農林水産省野菜・茶業試験場久留米支場
巻/号	1号
掲載ページ	p. 51-57
発行年月	1988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



暗黒下での低温によるイチゴの花芽分化誘導[†] に及ぼす体内窒素濃度の影響

古谷 茂貴・山下 正隆・山崎 篤

I 緒 言

イチゴの花芽分化が低温と短日により誘導されることはよく知られており (DARROW ら, 1934, 江口, 1936, WENT1957), 低温感応性を利用した育苗法は高冷地育苗ですでに実用化されている。しかし, 平均気温 23℃程度の温度域で花芽分化を行わせるポット育苗や断根ずらし, および平均気温 20℃前後となる高冷地育苗では温度条件の他に体内の窒素濃度が関与することが報告されている (木下ら, 1981, 松尾, 1977, 泰松ら, 1981, 川里・中枝, 1977)。近年, これまで低温条件 (5~15℃) だけで花芽分化が可能と考えられていた温度域でも, 暗黒条件下では花芽分化を生じない例が報告されている (伏原ら, 1987)。このことは短日を伴った低温処理とは異なり, 暗黒条件下ではなんらかの内的要因が低温による花芽分化促進作用を阻害していることを示唆する。このような花芽分化に関与する内的要因として, 窒素,

炭水化物, 生理活性物質等が考えられる。これまで暗黒条件下で温度条件と花芽分化との関係をみた報告は少なく, 特に, 体内成分との関連ではほとんど検討されていない。

そこで本報告では内的要因として体内の窒素濃度を取り上げ, 暗黒条件下での低温によるイチゴの花芽分化誘導について検討した。

II 材料及び方法

1 供試材料

1987年6月31日にイチゴ 'とよのか' のランナー (葉数 2~3 枚の株) を直径 12cm の黒色ビニルポット (用土容量 700cc) に鉢上げし, 雨除け下で栽培した。鉢上げ時の基肥量および7月22日までの追肥量は全区共通とし, Table 1 のとおりとした。なお, 追肥は7日おきに3回の分施とした。

Table 1 The amount of nitrogen applied per pot

Last time of top-dressing	Basal* dressing	Top-dressing**				Total amount
		Jun. 30~Jul. 22	Aug. 2	Aug. 12	Aug. 22	
	mg	mg	mg	mg	mg	mg
Jul. 22	80	60				140
Aug. 2	80	60	20			160
Aug. 12	80	60	20	20		140
Aug. 22	80	60	20	20	20	200

* : With quick acting compound fertilizer (N : 15, P₂O₅ : 15, K₂O : 10)

** : With liquid fertilizer (N : 5, P₂O₅ : 6, K₂O : 4)

栽培生理研究室 (福岡県久留米市御井町)

[†] 本報告の一部は昭和 63 年園芸学会春季大会において発表した。

2 施肥処理

Table 1 に示したように、最終追肥日と窒素施用量を
変えることにより低温処理時に4段階の体内窒素濃度を
設定し、葉柄中の硝酸態窒素濃度の高低は体内窒素濃度
の高低と密接な関係があると考えられる(興津ら、
1985) ことから、葉柄の硝酸態窒素を WOOLEY ら
(1960) の方法によって分析した結果、Table 2 に示し
たように処理区間には約 15ppm から 240ppm までのか
なり大きな濃度差が認められた。そこで、以下の文中で
は低温処理開始時の葉柄の硝酸態窒素濃度差に基づき、
処理区を 15ppm 区、70ppm 区、110ppm 区、210ppm 区
とした。なお、最も低い硝酸態窒素濃度を示した処理区
での土壌 EC は約 0.05mS/cm; 最も高い硝酸態窒素濃
度を示した処理区での土壌 EC は約 0.1mS/cm であった。

3 花芽分化誘導処理

各区について 5℃、10℃、12.5℃、15℃の4段階の低
温処理を暗黒条件下で行った。処理期間は8月22日か
ら9月7日までの16日間とした。

4 調査方法

低温処理開始時(8月22日)と終了時(9月7日)
に第2葉の葉身長、葉柄長、葉色(富士フィルム社のグ
リーンメーター、型式 GM 1 による測定値)、クラウン
径を各区 10 株について調査した。なお、低温処理終了
時の第2葉は低温処理開始時には未展開葉であった。生
育調査後に第3葉の葉柄を直ちに凍結保存し、硝酸態窒
素の分析試料とした。また、クラウンは70%エタノール
で固定した後、花芽分化状態を観察した。分化程度に
は階級値(0:未分化, 1:肥厚期, 2:二期期, 3:
かく片形成期)を与え、次式により花芽分化指数を算出
した。

$$\text{花芽分化指数} = \frac{\sum (\text{階級値} \times \text{個体数})}{\text{全個体数}}$$

また、9月8日に株間 25cm、うね間 120cm (a 当た
り 670 株) で各区 10 株をは場に定植し、開花日および
収量を調査した。なお、土壌 EC は風乾土に5倍重量の
水を加え、20分間振とうした後に測定した。

Table 2 Effects of nitrogen application on soil EC and on nitrogen content in plants

Last time of top-dressing	Soil EC		NO ₃ -N content in petiole	
	Aug. 22	Sep. 7	Aug. 22	Sep. 7
	mS/cm	mS/cm	mS/cm	mS/cm
Jul. 22	0.057	0.055	14.7	17.6
Aug. 2	0.055	0.060	74.1	36.1
Aug. 12	0.065	0.077	114.0	174.0
Aug. 22	0.100	0.111	212.0	242.7

Petioles of the third leaves were used for analyzing NO₃-N content (per fresh weight).
On Sep. 7, plants chilled at 12.5°C were used for measuring NO₃-N content.

Table 3 Effects of nitrogen application on growth just before chilling treatments

Levels of* nitrogen	Length of** leaf blade	Length of** petiole	Color of** leaves	Diameter of crown
ppm	cm	cm		mm
15	7.3	9.6	1.17	6.1
70	8.5	9.6	1.21	7.2
110	8.7	10.7	1.28	7.3
210	9.2	12.2	1.30	7.0

* : Density levels of nitrogen were based on NO₃-N content in petioles on Aug. 22.

** : On Aug. 22, the second leaves were measured. Colors of leaves were measured with
greenmeter (GM1) made by Fujifilm Limited.

Ⅲ 実験結果

1 低温処理開始時および終了時の苗の生育状態

低温処理開始時の生育を比較すると (Table 3), 最終追肥の時期が遅く葉柄中の硝酸態窒素が多いほど葉身長、葉柄長は長くなり、葉色が濃くなった。また、クラウン径は 70ppm 区、110ppm 区、210ppm 区が 15ppm 区と比べて大きかった。低温処理期間中に伸長した第 2 葉について処理温度の影響をみると (Table 4), 葉身長は 15ppm 区では処理温度にかかわらず 7 cm 前後であった。一方、110ppm 区、210ppm 区での葉身長はいずれも 5℃、10℃ 処理区と比べて 12.5℃、15℃ 処理区で短くなる傾向がみられた。これに対して、葉柄長は窒素濃度にかかわらず概して処理温度が高いほど長くなる傾向を示し、また、葉色は処理温度が高くなるにつれて淡くなる傾向がみられた。

2 体内窒素濃度が花芽分化に及ぼす影響

処理温度が花芽分化に及ぼす影響をみると (Table 5, Fig. 1), 70ppm 区では 15℃ まで高温ほど高い花芽分化

指数を示した。また、葉柄中の硝酸態窒素濃度がきわめて低い 15ppm 区では 10~12.5℃ で最も高い花芽分化指数を示し、15℃ ではやや低下した。これに対し、葉柄中の硝酸態窒素濃度が高かった 110ppm 区、210ppm 区では、5℃ 処理の効果が最も大きく 10℃ 以上の温度では高温ほど花芽分化指数は低下する傾向を示した。

すなわち体内窒素濃度が花芽分化に及ぼす影響はきわめて大きく、窒素濃度が高い場合には花芽分化のためにより低い温度を必要とした。また、開花日についても硝酸態窒素濃度によって処理温度の影響はかなり異なった (Fig. 2)。すなわち、15ppm 区は 12.5℃ までは処理温度が高いほど開花が早まる傾向を示したが、15℃ では逆に開花が遅れ、その差は最大 30 日であった。また、70ppm 区では 10℃ 以下の低温と比べて 12.5、15℃ 処理で開花が早まり、その差は最大 15 日であった。一方、110ppm 区、210ppm 区では、15、70ppm 区に比べて開花日は 2~3 週間程度遅れ、さらに開花日に対する処理温度の影響は一定の傾向を示さなかった。なお、15ppm 区および 70ppm 区の 5℃ 処理の花芽分化指数は 10℃ 処理と比べて小さいが、両処理温度区の開花日の差は比較的小さかった。これは 5℃ 処理では 10℃ 処理と比べて形態的には未分化でも花芽分化直前の状態の株がかなり

Table 4 Effects of nitrogen content on growth during the chilling period

Levels of nitrogen	Last time of top-dressing	Chilling temperature	Length of leaf blades	Length of petioles	Color of leaves	Diameter of crown
ppm		°C	cm	cm		mm
15	Jul. 22	5	6.7	9.8	1.09	7.4
		10	7.3	9.5	1.04	7.6
		12.5	6.7	10.8	1.07	7.9
		15	6.6	11.4	1.02	7.2
70	Aug. 2	5	8.0	9.7	1.12	7.7
		10	7.6	11.1	1.12	8.1
		12.5	6.4	10.4	1.01	9.0
		15	7.3	12.0	1.03	8.3
110	Aug. 12	5	8.1	10.9	1.27	8.2
		10	8.7	9.9	1.23	8.1
		12.5	6.3	10.7	1.10	8.6
		15	6.6	11.4	1.00	9.2
210	Aug. 22	5	8.4	10.6	1.20	8.0
		10	8.6	12.5	1.25	8.2
		12.5	7.1	12.1	1.10	8.6
		15	6.7	12.2	1.11	8.7

On Sep. 7, the second leaves, which were emerging just before the chilling treatment, were investigated in their unexpanded state.

Table 5 Effects of nitrogen content on development of flower buds and flowering

Levels of nitrogen	Chilling temperature	Plant numbers by each flowering stage				Flowering period
		0	1	2	3	
ppm	°C					
15	5	8	2			Nov. 9
	10	5	2	1	2	Oct. 29
	12.5	2	5	2		Oct. 25
	15	4	4	2		Nov. 23
70	5	6	4			Nov. 2
	10	6	2		2	Nov. 6
	12.5	3	4	3		Oct. 22
	15	2	4	3	1	Oct. 27
110	5	6	4			Nov. 22
	10	8	1		1	Nov. 8
	12.5	7	1	2		Nov. 23
	15	8	2			Nov. 16
210	5	7	2	1		Nov. 17
	10	9	1			Nov. 21
	12.5	9	1			Dec. 8
	15	9	1			Nov. 23

On Sep. 7, 10 plants were observed for flower initiation.

Stage 0 : vegetative apex, stage 1 : thickening apex, stage 2 : broadened apex with first bract primordia, stage 3 : sepal primordia visible in terminal flower

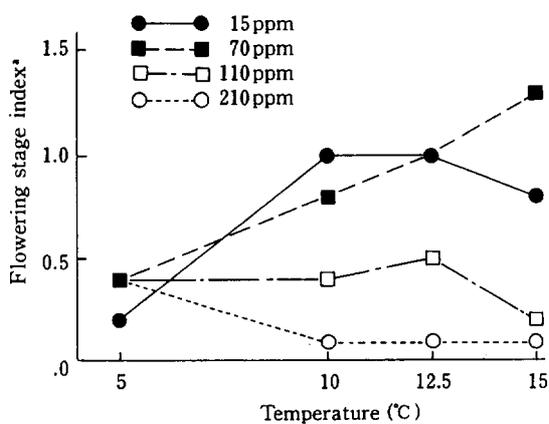


Fig. 1 Effects of nitrogen content and temperatures in flower initiation

a) Flowering stage index

$$= \frac{\sum (\text{Stage number} \times \text{Number of plants})}{\text{Total number of plants}}$$

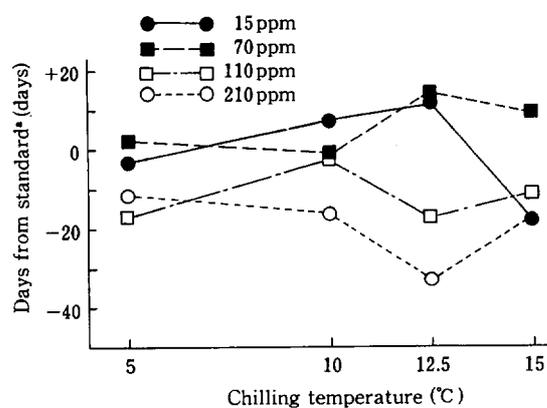


Fig. 2 Effects of nitrogen content and temperatures on earliness of flowering of terminal flower clusters

a) Earliness of flowering was shown by the difference from the flowering period (Nov. 5) of the control plants which were flowered without chilling and by low level of nitrogen application.

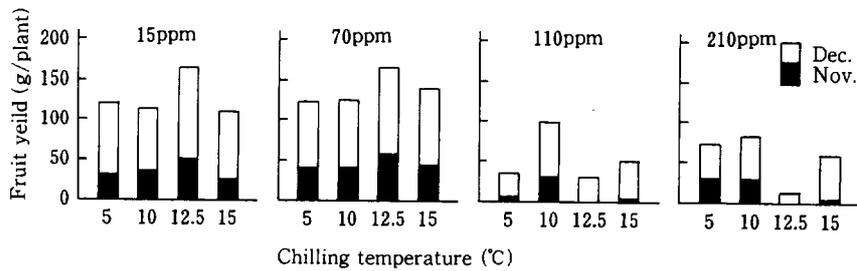


Fig. 3 Effects of nitrogen content and temperatures in the plant on early yield

あり、開花遅れ株の発生が少なかったためと考えられる。

3 処理時の体内窒素濃度と早期収量との関係

処理温度および処理開始時の体内窒素濃度が早期収量に及ぼす影響を Fig. 3 に示した。11 月収量および年内収量は各処理温度とも 15ppm 区、70ppm 区が 110ppm 区、210ppm 区と比べて明らかに多かった。さらに、11 月収量は処理温度にかかわらず 70ppm 区が 15ppm 区と比べて多い傾向を示した。また、15ppm 区と 70ppm 区では 12.5°C 処理が 11 月収量、年内収量ともに最も多く、110ppm 区と 210ppm 区では 11 月収量、年内収量ともに 10°C 処理が他の温度処理区に比べて多かった。

IV 考 察

江口 (1936)、WENT (1957)、横溝・杉山 (1960)、伊東 (1962)、JONKERS (1965) らによれば、イチゴは 5～15°C では日長にかかわらず花芽分化を生じ、16～25°C でも短日条件を伴えば花芽が分化する。しかし、JONKERS (1958)、施山・高井 (1986) は低温、短日条件を与えても幼若期、あるいは強制休眠終了後 1.5～2 か月は花芽分化しないこと、また、松本 (1985) は長期株冷栽培において、-1°C の低温で一定期間以上貯蔵した苗はその後低温短日条件下においても花芽の分化がかなり遅延することを報告している。このことからイチゴの花芽分化には低温、短日条件に感応するための生理的な態勢を必要とするものと考えられる。

伏原ら (1987) は、暗黒条件下における夏期低温処理のイチゴの花芽分化に対する効果が体内窒素濃度によって大きく異なることを観察し、安定した花芽分化のためには体内の硝酸態窒素濃度を十分に下げることが必要であると述べている。伏原らが用いた処理温度 12.5°C は従

来低温単独で花芽分化を生ずるとされている 5～15°C の範囲内にあるにもかかわらず、体内窒素濃度の影響が強く現れている。このことは暗黒状態では花芽分化における低温感応性が植物体の栄養状態によってかなり大きく変化することを示唆している。

本研究では体内窒素濃度と温度が暗黒条件下における花芽分化に及ぼす影響を検討した。その結果、低温処理時の硝酸態窒素濃度が 70ppm 以下の場合には 12.5～15°C で花芽分化が最も進んだのに対し、110ppm 以上の濃度では 5°C の効果が最も大きく、処理温度が高くなるにつれて花芽分化誘導効果は低下した。このことから、従来、日長および体内窒素濃度にかかわらず、花芽分化を促進すると考えられていた 5°C～15°C の温度でも、暗黒下における花芽分化の低温感応性は体内窒素濃度によって明らかに大きく変化し、体内窒素濃度が下がることによって強まることが明らかとなった。これは体内窒素濃度が低い状態では花芽の分化が可能な温度域が広がることを意味する。

このような 5～15°C での花芽分化に対する体内窒素濃度の影響は暗黒条件下以外ではほとんど報告されておらず、これがどのような機構に基づくものかは現在のところ不明である。

横溝らは体内窒素についてはふれていないが、暗黒下の低温処理で無処理区と比べて累積開花株と早期収量の減少が生じる場合でも、照明下の低温処理では累積開花株と早期収量は無処理区と比べて多いことを報告している。このことは低温処理を行った場合、暗黒下では花芽分化を遅らせるような体内窒素の多い条件でも、明条件では花芽分化が低温により順調に促進されたことを示唆している。従って、花芽分化の低温感応性に及ぼす体内窒素の影響は特に暗黒条件で大きく、明条件ではその影響は小さくなるものと推察される。

なお、開花日については貯蔵養分量、葉面積、活着の良否、定植後の同化態勢等の影響を受けるため、必ずしも花芽分化の早さとは一致しない場合があるが、体内窒素濃度と低温感応性との関係は開花日からある程度推測できると考えられた。

以上の結果から、暗黒低温処理によって高温期に花芽分化を促進する場合、体内窒素濃度が低い場合には低温感応性が強く、15℃程度の比較的高い温度でも十分花芽を分化しうるが、高濃度の場合には低温感応性が弱いため、かなり低い温度での処理が必要になるものと推定される。また、高濃度区での開花期の遅れ、早期収量の低下もこのような低温感応性の低下に起因するものと考えられた。なお、5℃の低温では花芽分化指数の低下が認められ、また、窒素濃度15ppmでは育苗時の生育が大きく抑制されただけでなく、早期収量もやや低下した。これらのことから、5℃以下の低温あるいは極端な低窒素条件は避けるべきと考えられた。一方、12.5℃、15℃処理区では低温処理中の葉身の伸びが抑制された。これは呼吸量の増大、葉柄の徒長による同化産物の消耗が5℃、10℃に比べて大きかったためと考えられた。すなわち、処理温度が高くなるにつれて貯蔵養分の消耗、葉面積の減少が生じやすくなり、定植後の生育停滞を引き起こす可能性がある。

今後さらに低温による花芽分化に関与する生理的要因として体内窒素濃度だけでなく、炭水化物含有量、ホルモン等の影響を検討することが必要である。

V 摘 要

暗黒条件での低温によるイチゴの花芽分化誘導に及ぼす体内窒素濃度の影響について検討した。

1. 体内窒素濃度はポット育苗期の最終追肥時期と窒素施用量を変えて4段階とし、低温処理開始時の葉柄の硝酸態窒素濃度に基づき15ppm区、70ppm区、110ppm区、210ppm区とした。処理温度は5℃、10℃、12.5℃、15℃とし、16日間暗黒条件下で処理した。

2. 低温処理開始時の15ppm区の生育は他の処理区と比べて劣った。低温処理時の硝酸態窒素濃度が70ppm以下の場合には12.5~15℃で最も花芽分化が進んだのに対し、110ppm以上の濃度では5℃の効果が最も大きく、処理温度が高いほど花芽分化誘導効果は低下した。すなわち、低温単独で花芽分化が可能とされる温度でも、暗黒条件では体内窒素濃度が花芽分化における低温感応性を左右する大きな要因となることが明らかと

なった。

3. 暗黒下において低温により花芽分化を促す場合、体内窒素濃度が低い場合には低温感応性が比較的高く、15℃程度の比較的高い温度でも十分花芽を分化しうるが、高濃度の場合には低温感応性が低くなるため、より低い温度が必要になるものと考えられた。また、高濃度区での開花期の遅れ、早期収量の低下もこのような低温感応性の低下に起因するものと考えられた。

引用文献

- 1) 江口庸雄 (1936) : 莓の花芽分化期に及ぼす温度、光線の影響に就いて。園学雑。7, 19~26.
- 2) DARROW, G. M. and G. F. WALDO. (1934) : Responses of strawberry varieties and species to duration of the daily light period. USDA Tech. Bull. 453, 31 pp.
- 3) 伏原 肇・高尾宗明 (1987) : 苗の栄養条件がイチゴの夏期低温処理効果に及ぼす影響。昭和62年秋季園芸学会発表要旨。430~431.
- 4) ITO, H. and T. SAITO (1962) : Studies on flower formation in the strawberry plants. Tohoku J. Agr. Res. 13, 191~203.
- 5) JONKERS, H. (1958) : Accelerated flowering of strawberry seedling. Euphytica 7, 41~46.
- 6) ————. (1965) : On the flower formation, the dormancy and early forcing of strawberry Meded. Landbouwhoges. Wageningen, No. 65, 1~59.
- 7) 川里 宏・中枝 健 (1977) : イチゴの花芽分化と開花に及ぼす窒素の影響。栃木農試研報。23, 105~112.
- 8) 木下耕一・岩崎雄次郎・今村孝彦 (1981) : イチゴのポット育苗に関する研究。(第1報) 宝交早生の鉢上げ、窒素中断、定植時期について。昭和56年秋季園芸学会発表要旨。216~217.
- 9) 松尾良満 (1977) : 促成イチゴの収穫前進に関する研究。(第3報) 準高冷地育苗の要因解析と前進効果。昭和52年春季園芸学会発表要旨。238~239.
- 10) 松本 理 (1985) : イチゴの冷蔵苗に関する研究。(第3報) 低温効果の品種間差異。山口農試研報。37, 43~51.
- 11) 興津伸二・沖村 誠 (1985) : 育苗期の窒素栄養と花芽分化。野菜試久留米支場研究年報。9, 103~104.
- 12) 施山紀男・高井隆次 (1986) : イチゴの発育とその周期性に関する研究。野菜試報。B 6, 31~77.
- 13) 泰松恒男・木村雅行 (1981) : イチゴ宝交早生の促成栽培における苗質と開花、収穫パターンについて。奈良農試研報。12, 30~42.
- 14) WENT, F. W. (1957) : The experimental control of plant growth. Chronica Botanica, Waltham. 343 p.
- 15) WOOLLEY, J. T., G. P. HICKS, and R. H. HAGEMAN (1960) : Rapid determination of nitrate and nitrite in plant material. Agr. and Food Chem. 8, 481~482.
- 16) 横溝 剛・杉山忠治 (1960) : 育苗の冷蔵による花芽分化、開花、結実の促進に関する研究。神奈川園試研報。8, 25~34.

Effects of Nitrogen Content on the Flower Bud Initiation Induced by Chilling under Dark Condition in Strawberries

Shigeki FURUYA, Masataka YAMASHITA and Atsushi YAMASAKI

Summary

This study was carried out to clarify the role of nitrogen in the flower bud initiation induced by chilling under dark condition, using strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch cv. 'Toyonoka') grown in pots.

Levels of nitrogen content in the plants were diversely designed by changing both the time and the amount of nitrogen application. The above manuring treatments resulted in 4 levels of nitrogen content, that is, 15ppm, 70ppm, 110ppm and 210ppm of NO₃-N in the petiole of the third leaf at the starting time of chilling. The NO₃-N content in the petioles were used as the index of nitrogen content. The chilling treatments were conducted at 5°C, 10°C, 12.5°C and 15°C for 16 days under dark condition in the refrigerator.

The plants of 15ppm and 70ppm levels differentiated flower buds most smoothly when they were chilled at 12.5°C or 15°C. While, the plants of 110ppm and 210ppm levels differentiated flower buds most rapidly when they were chilled at 5°C, but their flower bud initiation considerably delayed as compared with the initiation in the plants of 70ppm levels or of lower levels than that which were chilled at 12.5°C or 15°C. These facts suggest that the chilling sensitivity for flower bud initiation under dark condition considerably depends on the nitrogen content in plants. In the flower bud initiation under the dark condition, it was considered that the plants of low level nitrogen are possible to initiate flower buds at relatively high temperatures, namely, they possess high chilling sensitivity, and the plants of high level nitrogen request lower temperatures for flower bud initiation, that is, they have low chilling sensitivity.

The delay of the flowering and a decrease in the early yield (yield in the year) in the plants of high level nitrogen seem to be caused by deterioration of chilling sensitivity.