

# 冬季の窒素施肥が発芽不良障害発生に及ぼす影響

農研機構果樹茶業研究部門  
生産・流通研究領域

井上 博道

## はじめに

近年の地球温暖化によって農作物にさまざまな問題が出てきており、特に永年性の果樹では毎年植え替えることができないため、地球温暖化の影響を受けやすいと考えられている。農林水産省では農業生産現場での地球温暖化によると見られる影響及び適応策等を「平成27年地球温暖化影響調査レポート」(2016)として取りまとめており、その中でニホンナシへの影響として第一に挙げられているのは発芽不良である。発芽不良は九州のニホンナシ産地で大きな問題となっており、平成27年度の調査では東日本でも発芽不良の発生が報告されている。レポートの中では発芽不良の主な原因としては落葉休眠期(秋冬期)の高温とされているが、冬に窒素施肥をすることで発芽不良が発生することが明らかになってきた。ここではこれまでに得られた知見について紹介する。

## 1. 冬の施肥

作物栽培において多量必須要素である窒素、リン、カリウムは肥料として毎年与えられる。窒素は地上部の拡大に不可欠であるため、1年生作物では植え付け時に基肥を与え、地上部の生育に合わせて何度か追肥が行われる。一方、落葉果樹であるニホンナシでは、地上部の拡大(新梢伸長)に併せて窒素肥料を施用するだけでなく、地上部

の拡大が見られない晩秋から冬季に窒素施肥が行われている。例えば、ニホンナシの国内生産量が1位である千葉県では、11月下旬に基肥として年間窒素施用量の約半分を施用し、5、6月に追肥、9月に礼肥(秋肥)を与える施肥基準となっている。生産量2位の茨城県では、基肥を11月から翌年2月までに施用し、追肥を5月上旬と6月上旬の2回施用、さらに収穫直後に礼肥を1回施用することになっている。このように樹体の生育がほとんど見られない晩秋から冬季にかけて施肥が行われている背景には過去の試験成績が影響しているものと思われる。「果樹園の土壤管理と施肥技術」(1982)の中でニホンナシの基肥について「一般に11~12月に施用する。生育期までの期間は長い、冬期間は肥料の分解と移行に時間がかかるので、主要根域に到達するのは3~4月ころになる」と書かれており、このような考え方が施肥基準の決定に関与していた可能性がある。なお、この根拠となった論文(吉岡ら1975)では土壤中での深さ別硝酸態窒素濃度の推移から肥料の移行について論じているが、試験前に3年間堆肥を連用しているため、春先からの気温上昇に伴う堆肥の分解が土壤中の硝酸態窒素濃度に影響している可能性は否定できない。また、窒素肥料として<sup>15</sup>N標識されているものを使っていないこともあり、肥料由来の窒素とは断定できない。一方、落葉後のニホンナシは休眠状態にあるため、晩秋から冬季の基肥

施用では施肥窒素の溶脱が懸念される。井戸ら(2015)は、11月下旬から12月上旬の基肥施用において、土壤中の硝酸態窒素濃度がニホンナシの発芽前に高くなること、およびライシメーター試験から排出水に含まれる硝酸態窒素は着葉期でなく落葉期に多いことを報告し、他の知見と合わせ、冬季の窒素施肥が無駄になることが徐々に知られるようになっていく。ただし現状では多くの地域でニホンナシの基肥施用は晩秋から冬季に行われており、今後、施肥基準の見直しが必要になってくると思われる。

## 2. 窒素の施肥時期が開花、着果に及ぼす影響

ポット栽培のニホンナシ樹へ冬季に窒素を施用すると発芽が異常になり、中には枯死する樹もあったため、冬季の窒素施肥がニホンナシの開花に及ぼす影響について検討した。

25Lポットに植栽した「幸水」6年生樹を供試し、2012年12月、2013年1~4月の各月上旬に一般的な窒素肥料である尿素あるいは硫酸を施用する処理区をそれぞれ設けた。施肥量はポット当たり窒素として10gである。施肥量については、ポット樹の樹冠面積はほぼ1m<sup>2</sup>であること、1樹当たりの施用量10gは10a当たりで換算すると10kgとなること、茨城県の施肥基準(茨城県農業総合センター2008)では「幸水」の若木への基肥として10a当たり10kgとなってい

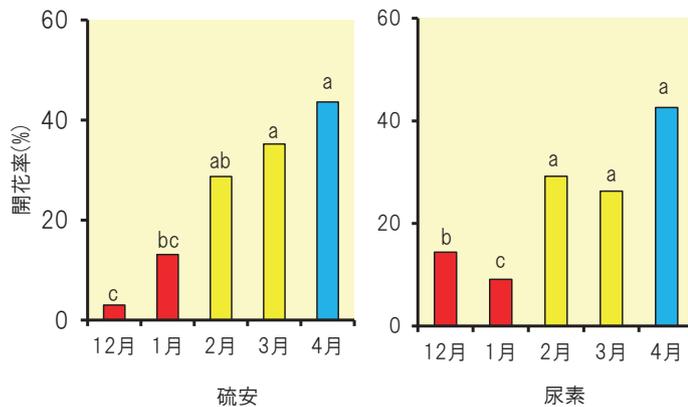


図-1 窒素施肥時期の違いが「幸水」の開花率におよぼす影響  
異なる英文字間には有意差あり (Tukey-Kramer,  $p < 0.05$ ).  
調査日: 2013年4月5日.

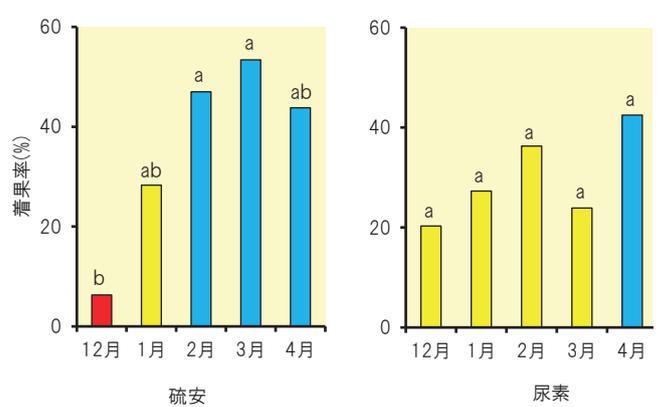


図-2 窒素施肥時期の違いが「幸水」の着果率におよぼす影響  
異なる英文字間には有意差あり (Tukey-Kramer,  $p < 0.05$ ).  
調査日: 2013年5月15日.

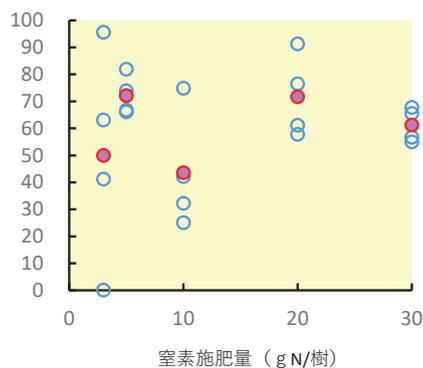


図-3 窒素施肥量と「幸水」の開花率との関係  
施肥日: 2013年12月7日.  
調査日: 2014年4月15日.  
青は実測値, 赤は平均値.

ることなどを勘案して決定した。なお、開花率については全花芽当たりの開花した芽の割合で算出し、ニホンナシでは通常1花芽から5花以上咲くが、調査では1花芽から1花咲いた時点で開花と判断した。

窒素施肥時期が異なると「幸水」の開花に影響し、硫安を施肥した場合の2013年4月5日における開花率は12月区、1月区、2月区、3月区、4月区でそれぞれ、3、13、29、35、44%であり、12月区では2月区、3月区、4月区よりも低かった(図-1)。尿素を施肥した場合も硫安と同様の傾向が見られ、12月区と1月区では2月区、3月区、4月区よりも低い開花率であった(図-1, 2)。

果実生産を考えた場合、開花率よりも着果率が重要である。開花率が低い

処理区では、遅れて開花するものもあるため、5月15日に人工授粉を行わない自然条件下での着果率を調査した。硫安施用の12月区、1月区、2月区、3月区、4月区での着果率はそれぞれ6、28、47、53、44%であり、特に12月区では低い値であった(図-3)。尿素施用区でも4月区と比較し、12月区、1月区、3月区は低い値を示しており、有意差はないものの、生産に影響があることが示唆された。

### 3. 窒素施肥量が開花率に及ぼす影響

発芽や開花といった樹体生育に対しては、窒素施肥量も影響することが予想される。そこで「幸水」25Lポット樹に対し、12月上旬に樹当たり3、5、10、20、30gNの尿素を施用し、

翌年4月中旬に開花率等の調査を行った。その結果、「幸水」の不発芽率については施肥量の違いは明確ではなく、開花率にも異なる施肥量の影響は見られなかった(図-4)。このことから、窒素施肥量が多いことよりも施肥時期が冬季であることの方が、芽に障害を与える危険性が高いと考えられる。

### 4. 冬季の被覆尿素の施用が開花率に及ぼす影響

被覆尿素は温度に依存して肥料成分が溶出する肥効調節型肥料の一つである。被覆材の樹脂の中に温度によって膨張、収縮する粘土鉱物が含まれており、低温では肥料成分の溶出が抑制され、高温条件下で隙間が広がることで肥料成分の溶出が増加する。そのため、

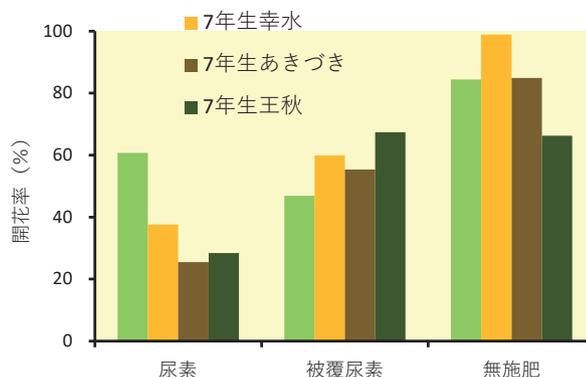


図-4 ナシ各品種の開花率に対する尿素あるいは被覆尿素施肥の影響  
施肥日: 2013年12月12日. 調査日: 2014年4月14日.



図-5 異なる時期に尿素を施用した「幸水」の開花状況 2013年4月5日撮影

冬季に肥料を施肥しても、肥料成分の溶出が抑えられ、速効性肥料に比べて肥料の無駄を防ぐことに役立つと考えられる。これまで、この肥料の特性を利用して、ニホンナシでは施肥量削減技術や全量基肥一発施肥技術がいくつかの試験研究機関で開発されてきた。

その被覆尿素と被覆していない速効性肥料である尿素を12月中旬に施用し、翌年4月中旬の開花率を比較したところ、早生の「幸水」においては被覆尿素区で尿素区よりも開花率が高いものの、無施肥区と比べて低い値となった(図-5)。中生品種の「あきづき」や晩生品種の「王秋」においても同様に比較したところ、尿素区では無施肥区よりも開花率が低下し、被覆尿素区でも影響が見られた。茨城県つくば市のほ場条件下では11月下旬に被覆尿素70日型を施用した場合、3月下旬までに肥料成分の3割程度が溶出することを確認している。そのため、被覆尿素においても冬季の施用でニホンナシの開花率に影響したのは、気温が比較的高い日には冬季でも被覆尿素的肥料成分が溶出し、樹体が溶出した肥料窒素に反応したものと考えられる。

## 5. 発芽不良と試験結果との関連性

近年、九州を中心とする温暖な産地

で問題が深刻化している発芽不良では、芽枯れ、発芽遅れ、枝枯れ等が確認されており、今回の窒素施肥時期を変えた試験においても、開花の遅延や1花芽から1~2花のみの開花(花蕾の減少)、開花後に芽の枯死や結果枝の枯死、ひどい場合には樹が枯死するといった現象が確認され、同一の現象であると考えている。

ニホンナシの発芽不良の主要因は凍害と考えられており、晩秋~初冬あるいは初春が凍害の発生時期として危険視されている。ニホンナシでは秋季から冬季にかけて気温低下が進行するとともに耐凍性が徐々に上昇し、樹体が寒さに耐えられる状態になっていくが、耐凍性が十分上昇しないうちに低温に遭遇すると、芽がダメージを受ける。一方、冬季から春季にかけて徐々に気温が上昇していくとニホンナシの耐凍性が低下していくが、しばらく暖かい日が続いた後に急に寒くなるような場合に、低下した耐凍性よりも低温になると芽がダメージを受ける。このように凍害では気象要因が大きく影響するため、これまで窒素の影響についてはほとんど考えられてこなかった。しかしながら今回の試験結果から冬季の窒素施肥が発芽不良に影響することが明らかになったことから、ニホンナシの耐凍性の上昇あるいは低下に土壌中の無機態窒素が影響するのではない

かと考えている。窒素施肥量が適量の場合、多くの作物では積極的に吸収し、根が肥料周辺に集中することが確認されているが、過剰な施肥量の場合には濃度障害により根が施肥部分避けることが知られている。このように、一般的に作物は窒素への反応性が高い。ニホンナシは果樹の中では窒素への反応が鈍感だと考えられているが、生育状況によっては敏感に反応すると考えられる。

本試験のような根域が制限されるポット樹では、肥料の利用効率が高く、樹が施肥窒素に反応しやすい特徴がある。そのため、実際の栽培現場に比べ、顕著な症状が現れたものと考えている。九州における発芽不良では土壌環境の悪い園地、具体的には土壌が硬く、孔隙率(土壌中の隙間)が小さく排水性が悪い園地で発生していることが報告されており、ポット樹ほど極端でないにしても根域が制限されるような園地で発生の危険性が高いと考えられる。土壌物理性が悪い場合に発芽不良が発生しやすいのは、根域が浅根化し、気温や肥料の影響を受けやすいことが関与していると考えられる。本試験結果から、冬季の窒素施肥が発芽不良の発生を助長することが明らかで、肥料だけでなく肥料成分を多く含む家畜ふん堆肥についても同様の症状が現れることが他の試験結果から示唆され

ているので、発芽不良対策の一つとして施肥の見直しが必要と考えられる。園地の物理性改善には過大な労力を必要とするためなかなか改善は進まないが、肥料の施肥時期を変えることは比較的簡単に取り組むことができるものと思われる。もし、発芽不良が発生しているような場合は、施肥時期の見直しを行っていただきたい。その際、冬季から春季に施肥時期を変えるだけでは施肥量としては多すぎるので、冬季

の施肥量に比べ3割～半分程度の施肥量で十分と考えられる。

### 文献

井戸亮史ら 2015. ナシ樹の肥料吸収パターンから見た効率的な施肥方法の検討. 園芸学研究 14 (別2), 130.  
井上博道ら 2016. 冬季の窒素施肥がニホンナシの開花におよぼす影響. 日本土壤肥料学雑誌 87, 250-253.  
農研機構果樹研究所ら 2015. ニホンナシに発生する発芽不良の発生要因と対策.  
農林水産省 2016. 平成 27 年地球温暖化影響

調査レポート, <http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/report.html>  
吉岡四郎 1982. 第5章 ナシ園の土壤管理と施肥技術. 千葉勉編「果樹園の土壤管理と施肥技術」, 博友社, 東京, p.376.  
吉岡四郎ら 1975. 火山灰土壌ナシ園の窒素施肥時期, 配分に関する研究 第1報 集冬季の施肥が樹体の生長ならびに果実の発育, 品質におよぼす影響. 千葉農試研報 16, 11-30.

### 統計データから

## 米の生産費 ① (作付規模別)

平成 28 年度産米の 10a 当たり生産費 (資本利子・地代全額算入) は 12 万 9,585 円, 60kg 当たり生産費は 1 万 4,584 円で、平成 19 年度以来ここ 10 年間で最も低い。物財費が 69.1%, 労働費が 30.9% の割合である。物財費のなかで農機具費が 21.4% と最も大きく、次いで賃借料及び料金が 10.7%, 肥料費が 8.3% を占め、農業薬剤費は 6.7% となっている。

以上の数字は 985 経営体の集計した平均値であり、それを作付規模別に整理したものが表である。15ha 以上の経営体の

10a 当たり生産費 9 万 8,746 円は、0.5 ~ 1 ha 規模の経営体の 17 万 529 円から 42% 減少し、規模拡大により低コスト化が図られている。そのうち、物財費は 40%, 労働費は 51% 減となっている。物財費のなかで規模拡大の効果 (15ha 以上 / 0.5 ~ 1 ha 規模 対比) が大きいのが賃借料及び料金で 28, 次いで種苗費 41, 農機具費 71 に対し、規模拡大によって施用面積も増える農薬や肥料はそれぞれ 85, 88 と、規模拡大による低コスト化がやや現れにくい資材である。 (K.O)

作付規模別の米の生産費 (平成28年度, 全算入生産費: 農業経営統計調査)

作付規模別	集計 経営体数	10 a 当たり 生産費 (円)	比率	物財費 (円)	労働費 (円)	その他 (円)	60kg 当たり 生産費 (円)
0.5ha未満	178	200,579	118	119,106	61,602	19,871	24,792
0.5~1ha	195	170,529	100	100,620	50,593	19,316	20,253
1~2ha	188	142,558	84	85,229	39,573	17,756	16,290
2~3ha	113	123,244	72	71,619	31,920	19,705	13,805
3~5ha	69	119,938	70	74,066	29,104	16,766	13,368
5~10ha	91	105,655	62	61,842	26,180	17,633	11,241
10~15ha	58	100,943	59	60,368	25,175	15,400	11,271
15ha以上	93	98,746	58	60,033	21,697	17,016	10,901