

わい化栽培リンゴ「ふじ」における 着色向上のための 窒素施肥 標準作業手順書

公開版



改訂履歴

版数	発行日	改訂者	改訂内容
第1版	2022年3月2日	湯川 智行	初版発行

2022年3月2日改定

目次

はじめに	1
免責事項	2
I 着色を考慮した窒素施肥基準	3
1. 新たな窒素施肥基準の見方	3
2. 新たな窒素施肥基準のポイント	5
II 窒素施肥基準策定に関連するデータ	7
1. リンゴ「ふじ」果皮の着色と温度との関係	7
2. リンゴ「ふじ」果皮の着色と窒素施肥との関係	9
3. リンゴ樹への窒素施肥は冬季を避ける	10
4. リンゴの樹相診断基準	11
5. 施肥量と果実品質、収量の関係	12
III 窒素施肥基準の導入にあたって	15
1. 導入手順	15
2. 普及対象	15
3. 経営面での効果について	15
参考資料	16
担当窓口、連絡先	16

はじめに

本資料は、温暖化の進行とともに増加している着色不良を改善できるよう果皮着色を考慮したわい化栽培リンゴ「ふじ」に適用できる窒素施肥基準の手順書です。この窒素施肥基準は農研機構と青森県、秋田県および長野県の担当者が協力して策定し、公設機関等の普及担当者やリンゴ生産者を主なユーザーと想定しています。

リンゴは、着色期の気温が高いと着色が悪くなることが知られており、近年の気候温暖化により、特に暖地のリンゴ生産地域では着色不良果の増加が懸念されています。

気候以外の要因としては、窒素施肥量が多いと果実着色が不良となることは以前から分かっており、窒素施肥量の見直しは着色不良を改善することが期待できます。現行の窒素施肥基準は地域ごと、土壌ごとに異なるとともに、気候温暖化に対応できるような基準の改定はなされていません。また、各県で定めた施肥基準と生産現場の実際の窒素施肥量の乖離も散見されます。このため、温暖化に対応出来る全国で利用可能な新たな窒素施肥基準が求められていました。

農林水産省委託プロジェクト研究「農業分野における気候変動適応技術の開発（温暖化の進行に適応する生産安定技術の開発）」において、農研機構と青森県、秋田県および長野県が連携してわい化栽培リンゴ「ふじ」の窒素施肥試験を5年間行うとともに、過去の関連する知見を加味して新たな窒素施肥基準を策定しました。その骨子は、年平均気温で窒素施肥量を区分することと樹勢によって窒素施肥量を加減するというものです。本作業手順書ではこの施肥基準と根拠を示しました。

■ 免責事項

- 農研機構は、利用者が本手順書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- 本手順書に記載された窒素施肥基準はわい化栽培リンゴ「ふじ」におけるものであり、普通樹（マルバ台）や他品種は対象外であることにご留意ください。
- 本手順書に記載の図表は全て農研機構が著作権を有する技術マニュアルから転載（一部改変を含む）されたものです。転載などを行う場合は必ず農研機構にご連絡ください。

I. 着色を考慮した窒素施肥基準

近年の気候温暖化により着色不良果の増加が問題となっています。窒素施肥量は果実着色に影響しますが、窒素施肥基準は地域ごと、土壌ごとに異なり、施肥基準と生産現場の実際の窒素施肥量の乖離も散見されることから、温暖化に対応出来る全国で利用可能な新たな窒素施肥基準が求められていました。そこで、新たな窒素施肥基準を策定しました。

1. 新たな窒素施肥基準の見方

新たな施肥基準では4月施肥を基本とし、必要に応じて9月までに追肥を行う2回施肥の体系を想定しています。まず、表I-1の左列にある年平均気温では、園地近隣のアメダスデータ（気象庁、過去の気象データ検索において地点を選択し、年ごとの値を表示<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>）を参考に年平均気温（過去10年間の年平均気温）を調べ、11℃未満、11～13℃、13℃以上のどの区分に当てはまるかを確認します。区分が決まれば4月の窒素施肥量が決定します。なお、施肥量が3～6kg/10aのように幅がある場合、これまでの年間窒素施肥量が基準の施肥量の範囲よりも多い時には上限値（この場合6kg/10a）を施肥量とし、これまでの年間窒素施肥量が範囲に含まれている場合にはこれまでより少ない量を施肥量とします。

次に、リンゴが新梢の伸長を停止する7月以降に、新梢長と葉色から樹勢を判断します。樹勢が強い場合は減肥、弱の場合は増肥を検討します。具体的には、樹勢が弱い場合、9月までに追肥が可能であれば3kg/10a以下で追肥を行い、この時期に追肥できなかった場合は翌年4月の施肥量を3kg/10a増肥します。樹勢が強い場合には翌年4月の施肥量

を本年より 3kg/10a 減肥します。樹勢が中（適正）の場合、収穫果実が着色不良であれば、翌年 4 月の施肥量を 3kg/10a 減肥し、着色不良でなければ、翌年も当年と同じ施肥量で継続します。

表 I -1 わい化栽培リンゴ「ふじ」果皮の着色を考慮した窒素施肥基準

年平均気温 ^{*1}	4月施肥量	樹相診断 ^{*2}	窒素施肥対策
11℃未満	6 kgN/10a	樹勢 弱	追肥、もしくは4月に増肥 ^{*3}
		樹勢 強	4月施肥を 3 kgN/10a に
11～13℃	3～6 kgN/10a	樹勢 弱	追肥、もしくは4月に増肥 ^{*3}
		樹勢 強	4月施肥を 0～3 kgN/10a に
13℃以上	0～3 kgN/10a	樹勢 弱	追肥、もしくは4月に増肥 ^{*3}
		樹勢 強	施肥をしない

*1 過去 10 年間の年平均気温（近隣のアメダスデータを利用）。

*2 樹相は表 I -2 に従って診断する。

*3 年間施肥量が 10 kgN/10a でも樹勢が弱い場合、土壌の物理的環境が悪いこと（土が硬い、水はけが悪い等）、病害虫による影響等、施肥以外による要因があると考えられるため、樹勢低下要因に応じた対策が必要。追肥の時期は、6～9 月の地域の慣行に準じる。

表 I -2 わい化栽培リンゴ「ふじ」の樹相診断基準

樹勢	新梢長	葉色(SPAD値 ^{*1})	(参考) 葉中窒素濃度 (%)
強	40cm 以上	54 以上	2.4 以上
中 (適正)	20~40cm	43~54	2.0~2.4
弱	20cm 未満	43 未満	2.0 未満

本表は表 I -1 の樹相診断に用いる。

診断時期は、新梢長：新梢停止期、葉色と葉中窒素濃度：7~8 月

*1 SPAD 値は葉緑素計 (SPAD-502) の測定値。

2.新たな窒素施肥基準のポイント

近年の温暖化の進行により「ふじ」では高温に起因すると考えられる着色不良果の発生が増加しており、その対策の一つとして果実着色を考慮した新たな窒素施肥基準を策定しました。これまでの施肥基準は地域ごと（気象条件の違い）、土壌（肥よ度）ごとに決められていましたが、気温が異なるとリンゴ樹生育が異なってくるので施肥量を見直す必要がありますが、従来の施肥基準では各地域の気温が変動するたびに施肥基準を見直す必要が出てきます。そこで、今後の気候変動にも対応できるように、年平均気温で大まかに窒素施肥量を区分することにしました。なお、8 月から収穫までの果実着色時期の平均気温とリンゴ「ふじ」の表面色との間には負の相関関係が認められておりますが（次節、図 II - 1）、8 月から収穫までの平均気温を算出するのは煩雑なため、相関関係があり、調べるのが比較的簡単な年平均気温を用いて区分することとしております。

一方、土壌の肥よく度の違いも樹体生育に影響します。これまでは、肥よく度の違いも考慮して施肥量を変える基準を設定していましたが、樹体生育は、台木にも影響されます。新たに提案する施肥基準ではわい化栽培での利用を想定していますが、わい化栽培用の台木には、JM1、JM7、M. 9（自根）、M. 9（マルバ台つき）、青台3、M. 26等、様々なものが利用されており、土壌との組み合わせにより樹勢も様々になります。そこで、新たな施肥基準では土壌の違いでは施肥量を区分せず、樹勢を判断することで施肥量を増減するような基準としました。これまでも篤農家の方々は園地の樹勢を確認しながら施肥量の加減を行われているので、その方法と大きな違いはありません。

樹相診断（表I-2）では、樹勢を3段階で評価します。樹勢の評価には基本的に新梢長を指標としています。ただし、新梢長はせん定の仕方、着果量の多少によっても変化しますので、新梢長では樹勢が強であるのに葉色が薄い（弱と判定される）場合は窒素施肥量を減らすよりもせん定を弱めにする、着果量を増やす等の管理を行ってください。逆に新梢長では樹勢が弱であるのに葉色が濃い（強と判定される）場合は、窒素施肥量は十分であることが考えられますので、せん定を強めにする、着果量を減らす等の管理を行ってください。

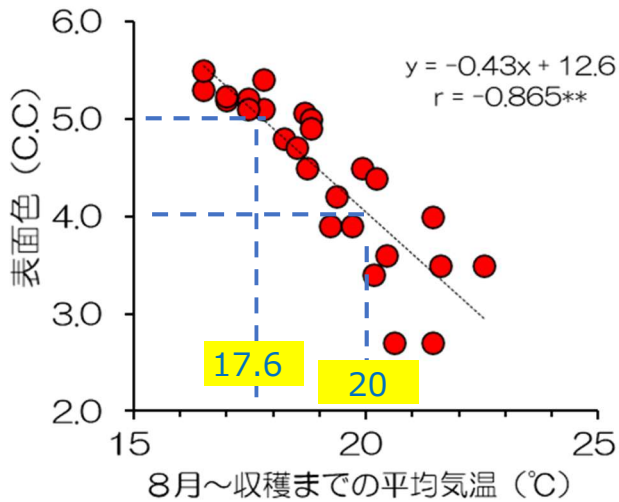
新たな窒素施肥基準では、窒素についてのみの施肥量を示しています。リン酸とカリウムの施肥量についてはこれまでの施肥基準を参考にしつつ、各園地の土壌診断に基づいて適正量を決定していくことが望ましいです。

Ⅱ. 窒素施肥基準策定に関連するデータ

1. リンゴ「ふじ」果皮の着色と温度との関係

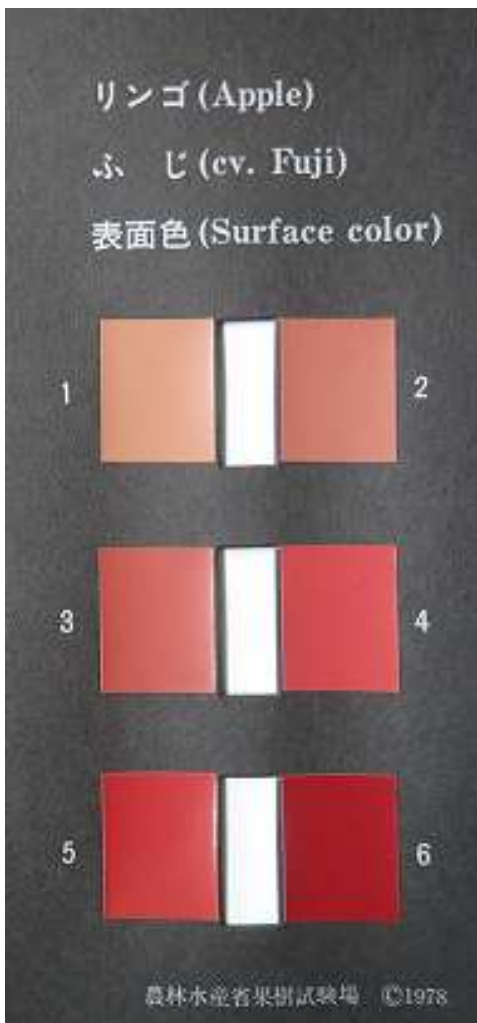
リンゴの赤い果皮の色素はアントシアニンで、その合成には低温（15～20℃）が必要です。2015～19年の5年間における青森県、秋田県、長野県、茨城県の4地点での試験結果から、「ふじ」の着色時期である8月から収穫までの平均気温と果実の表面色（カラーチャート値）の間には負の相関関係がありました（図Ⅱ-1）。この関係では、気温が1℃上昇すると表面色のカラーチャート値が0.43低下することになります。表面色のカラーチャート値（図Ⅱ-2）が4未満の果実を着色不良果と仮定すると、8月から収穫までの平均気温が20℃より高い場合は着色不良果の発生が懸念されます。さらにカラーチャート値が5以上の果実を着色良好と仮定すると、8月から収穫までの平均気温が17.6℃未満では着色良好な果実生産が期待できますが、気象庁のアメダスデータを利用すると、試験期間中の5年間で青森県の試験地では2年は17.6℃以上、秋田県と長野県の試験地では5年間とも17.6℃以上と、何らかの着色向上技術を必要とする状況になっています。今後、温暖化の進行により秋季の気温が上昇するとさらに果実の着色不良の発生リスクが高まります。

各試験地における10年間（2009～18年）での年平均気温は、つくば（茨城）14.6℃、長野（長野）12.4℃、横手（秋田）11.3℃、黒石（青森）10.1℃でした（表Ⅱ-1）。これは各試験地での平年値（1981～2010年）に比べそれぞれ0.8、0.5、0.4、0.1℃高い値であり、気温上昇が顕著な地域では温暖化の影響を緩和する対策技術を積極的に導入する必要があります。



図Ⅱ-1 果実着色時期の平均気温と表面色との関係

2015～19年の窒素施肥量 0kgN/10a のデータを使用。



図Ⅱ-2 リンゴ「ふじ」の表面色カラーチャート

表Ⅱ-1 試験地における10年間平均気温と年平均気温

地点	10年間の年平均気温 (°C)	年平均気温 (平年値、°C)	差(°C)
つくば(茨城)	14.6	13.8	0.8
長野(長野)	12.4	11.9	0.5
横手(秋田)	11.3	10.9	0.4
黒石(青森)	10.1	10.0	0.1

10年間の年平均気温は2009年から2018年の平均気温。

年平均気温(平年値)は1981年から2010年の値。

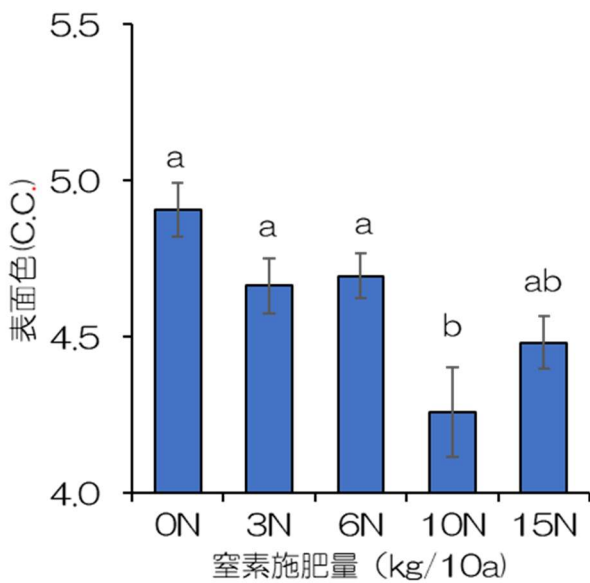
2.リンゴ「ふじ」果皮の着色と窒素施肥との関係

リンゴ果皮の着色には、窒素施肥も影響します。

今回の試験では窒素施肥量が少ないほど表面色のカラーチャート値が高くなる傾向が見られ（図Ⅱ-3）、試験地や年次によっては 10kgN/10a の窒素施肥量に比べ、0～6 kgN/10a に削減することでカラーチャート値が 0.5～0.7 向上することが確認できました。

窒素施肥量が多いほど、着色が不良になることは以前から多くの知見がありましたが、今回、2015-2019 年の 5 年間にわたる 4 地点でのいろいろな栽培環境（気象や土壌等）の中での試験においても、窒素施肥量がリンゴの着色に影響することが確認できました。

以上より、着色不良を改善する対策の一つとして、窒素施肥量の削減が有効と考えられます。なお、圃場に施用される窒素には、化学肥料中の窒素だけでなく、堆肥中の窒素もある



ため、窒素施肥量を削減するうえで、圃場に投入される全ての窒素成分を考慮する必要があります。なお、堆肥中に含まれる窒素量の算出については、複数の県等で開発されたものが参考にできます（参考資料を参照）。

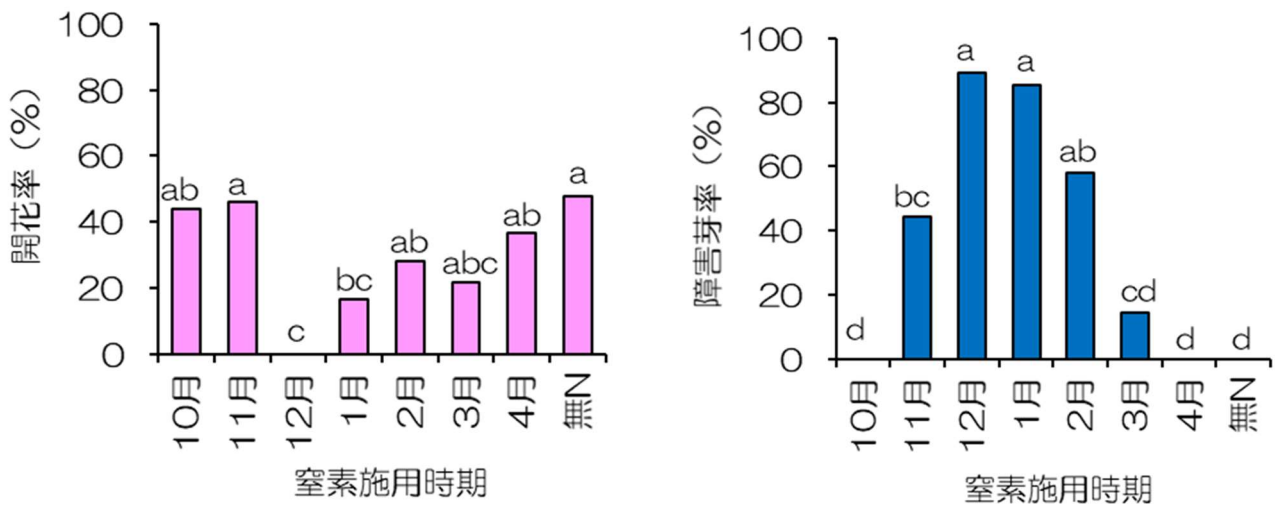
図Ⅱ-3 異なる窒素施肥量における表面色のカラーチャート値

2015～19 年のデータを使用。なお、試験地によって異なる着色系統「ふじ」を供試しているため、着色系統と普通ふじとのカラーチャート値の差を補正した。着色には温度の影響が大きいので、各年各試験地での 8 月から収穫までの気温と 18℃との温度差によるカラーチャート値の差異を、図Ⅱ-1 の回帰式を利用して算出し、各データが同じ気温での値になるように変換した。

棒の上の英数字 a と b には 5%水準で有意差あり。

3.リンゴ樹への窒素施肥は冬季を避ける

リンゴ樹への施肥は、積雪地帯では雪解け後の春先に、雪の影響が少ない地域では秋から冬にかけて行うことが多いです。ただし、落葉後の晩秋から冬季にかけては樹の養水分の吸収は夏季と比べるとほとんどないので、冬の間降水量によって樹が利用することなくほとんどの肥料窒素が溶脱します。そればかりでなく、近年は晩秋から冬季の窒素施肥が樹体に悪影響を及ぼしていることが分かってきました。リンゴ「ふじ」の幼木（ポット樹）に施肥時期を変えて窒素を施肥した場合、冬季に施肥した樹では開花率が低下し、開花しても障害を受けた芽が多くありました（図Ⅱ-4）。特に12月もしくは1月に施肥した場合には障害を受けた芽は全花芽のうち8割を超えています。ポット樹は根圏が狭いこともあり、施肥の影響が地植えより強く出るとは考えられますが、冬季の窒素施肥は避けるべきだと考えられます。



図Ⅱ-4 異なる窒素施肥時期における開花率（左）あるいは障害芽率（右）

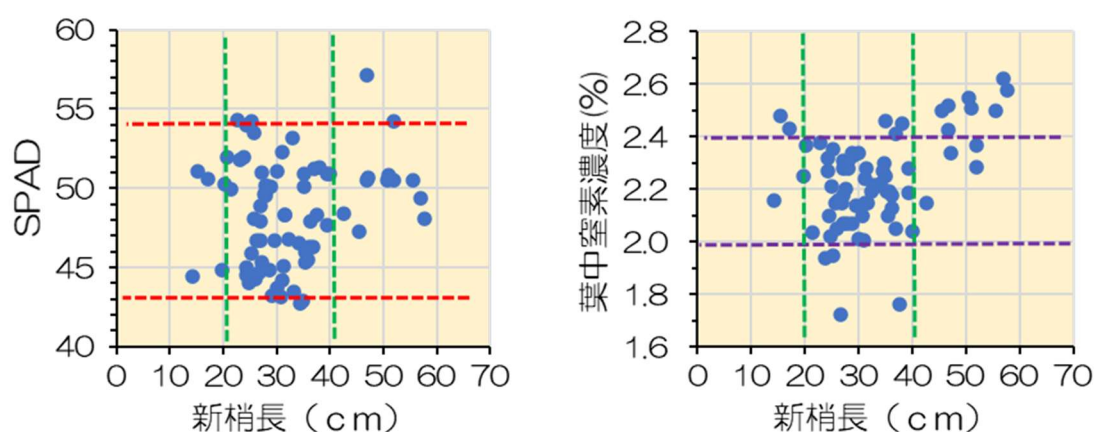
異なる英文字間には5%水準で有意差あり。

試験地：茨城県つくば市、試験年度：2014～15年、窒素施肥量 5g/樹。

4.リンゴの樹相診断基準

表 I -2 (5 ページ) の樹相診断基準の各項目の基準値はリンゴを栽培する上で適正な樹勢を評価したものです。この基準は表 I -1 (4 ページ) わい化栽培リンゴ「ふじ」果皮の着色を考慮した窒素施肥基準の樹相診断に用います。この基準値の根拠について説明します。

樹勢は3段階(強、中、弱)で診断しますが、その第1の指標が新梢長です。新梢長の基準値は過去の知見から20~40 cmを中としました。ただし、せん定や着果量の影響を受ける新梢長だけで窒素施肥量の増減を決定するのは問題があるので、葉色を判断指標に加え、さらに場合によって葉中窒素濃度でも判断できるよう併記しました。葉色(SPAD値)と葉中窒素濃度は各試験地での4年間の実測値の平均(葉色:48.5、葉中窒素濃度:2.2%)の上下10%を適正と考え、葉色では43~54、葉中窒素濃度では2.0~2.4%を樹勢(中)としました(図II-5)。葉中窒素濃度は、既知の栄養診断(Plant Analysis, 1997)における葉中窒素濃度の適正域が2.0~2.4%でしたので、本基準での樹勢(中)と変更はありません。

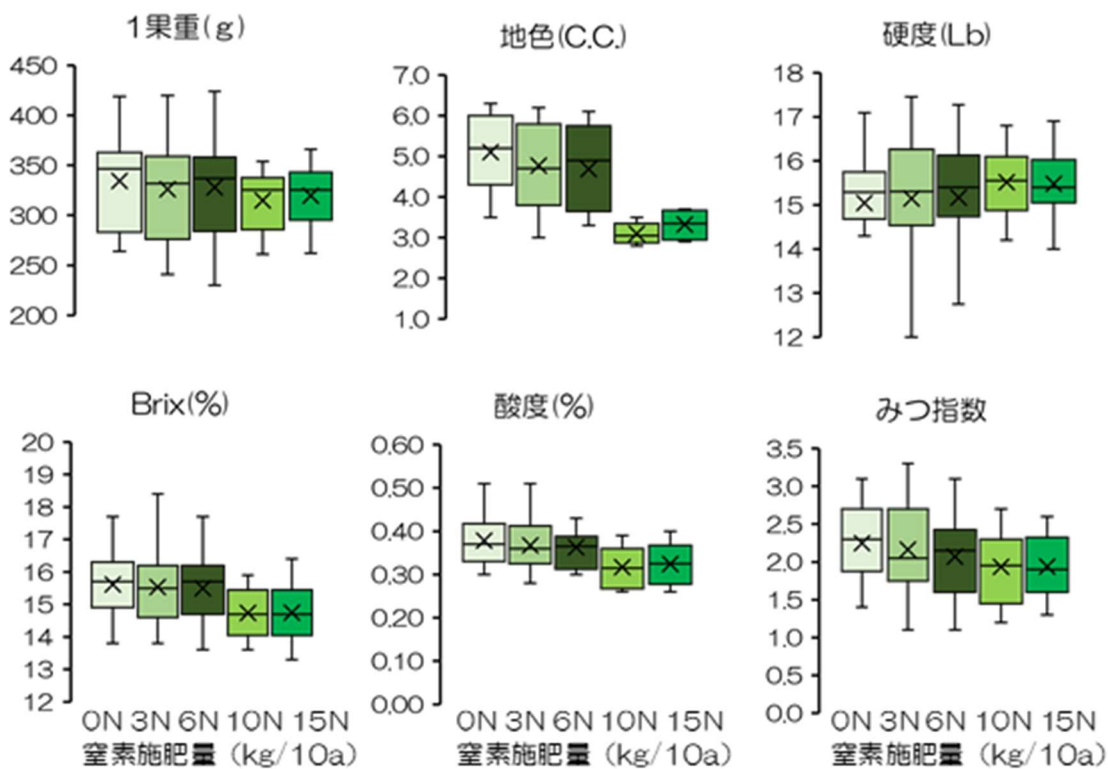


図II-5 新梢長とSPAD値(左)、あるいは葉中窒素濃度(右)との関係

破線は適正域の上限と下限。新梢長(緑)では20~40 cm、SPAD値(赤)では43~54、葉中窒素濃度(紫)では2.0~2.4%を適正域と考え、表 I -2 の樹相診断基準の根拠とした。

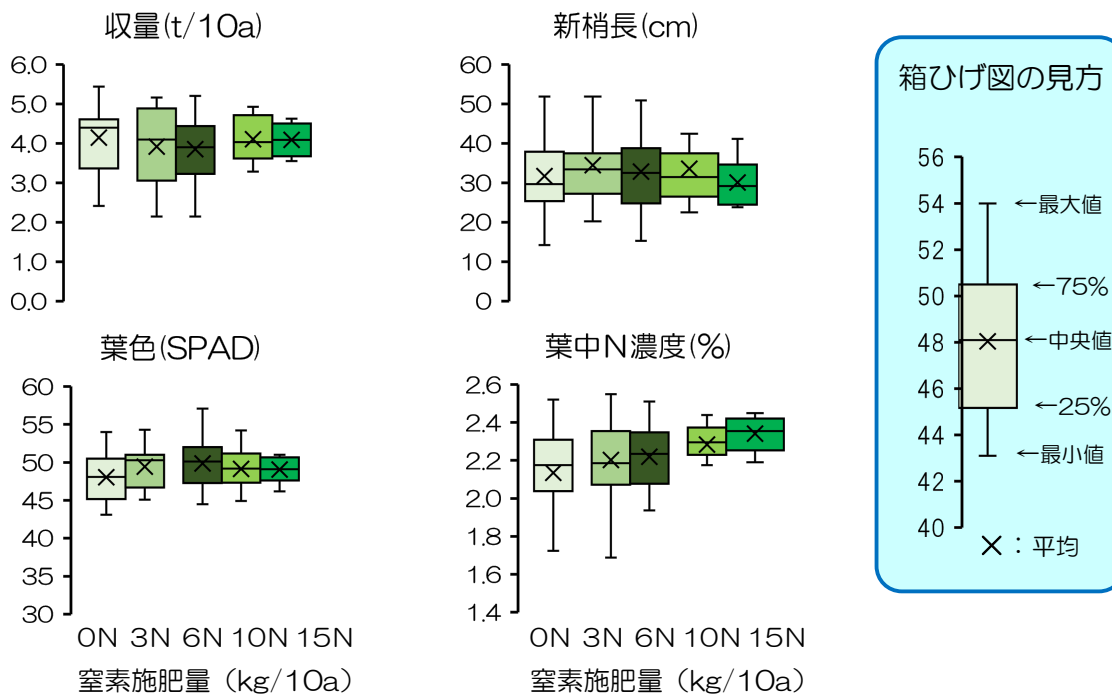
5. 施肥量と果実品質、収量の関係

リンゴの窒素施肥量を変えたとき、着色以外の果実品質や果実の生産性に影響があるのかが懸念されます。これまでの試験結果を総合すると、窒素施肥量が 0 kgN/10a の場合は、3 kgN あるいは 6 kgN/10a と比較して果実品質にはあまり差はなく、同等と言えます（図Ⅱ-6）。一方、10 kgN あるいは 15 kgN/10a と比較すると、0～6kgN/10a に窒素施肥量を減らすことで、1 果重は同等、地色は向上する傾向、硬度は同等、糖度（Brix）と酸度は同等か高い傾向が見られ、みつはやや入りやすい傾向が見られます。



図Ⅱ-6 異なる窒素施肥量での 1 果重（上左）、地色（上中）、硬度（上右）、糖度（Brix、下左）酸度（下中）、みつ指数（下右）の比較

地色は赤く着色していない部分の色で、値が小さいと緑、値が大きくなるほど黄に近づく。データは各試験地（4カ所）の値をまとめたもの。



図Ⅱ-7 異なる窒素施肥量での収量（上左）、新梢長（上右）、葉色（下左）、葉中窒素濃度（下右）の比較

データは各試験地（4カ所）の値をまとめたもの。

一方、果実の生産性（収量）については、窒素施肥量を減らしても低下することはありませんでした（図Ⅱ-7）。樹勢の判断材料になる新梢長と葉色については同等、葉中窒素濃度については窒素施肥量が多いほど高まる傾向が見られました。これは、一般的に窒素施肥量が増加すると栄養成長部分、すなわち枝や幹が長くなったり太くなったりする傾向がみられることが多いのですが、必ずしも果実生産も増加するとは限らず、それと同様の現象であると考えられます。つまり、樹勢は強ければ強いほどいいわけではなく、適正な樹勢が求められます。そのため、前項（4.樹相診断）で、適正な樹勢を判断するための基準を示しました。

生産性については窒素施肥量を削減しても適正な樹勢の維持ができなければ、いずれ収量が低下する可能性があるので、適正な樹勢が維持されているかを判断しつつ、その状況に応じて窒素施肥量を検討する必要があります。

Ⅲ. 窒素施肥基準の導入にあたって

1. 導入手順

導入を検討する園地でのわい化栽培「ふじ」の樹勢、果実の着色状況を確認します。樹勢が適正で果実の着色が良好な場合、本施肥基準を導入する必要はありません。ただし、樹勢が適正で着色が良好であっても、施肥時期を秋や冬から春に移行したい場合は、本施肥基準は参考となります。

2. 普及対象

公設機関等の普及担当者や日本国内でリンゴ「ふじ」をわい化栽培している生産者。

3. 経営面での効果について

本窒素施肥基準の導入において、現状の窒素施肥量に比べ施肥量が削減される場合には、削減分の肥料コストが収入増となりますが、肥料の種類は様々で肥料価格は JA では部外者に秘密にされており、削減コストは不明です。生産された果実の着色が向上し、等級が上がる場合にはその分増収となると考えられますが、本窒素施肥基準の導入により、等級が上がるかどうかは確認していません。

本窒素施肥基準を導入するには樹相診断を必要とするため、樹の観察をする労力は増加します。

参考資料

1. わい化栽培のリンゴ「ふじ」における着色向上のための栽培マニュアル（農研機構果樹茶業研究部門刊、2020年2月）
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134298.html からダウンロード可能
2. Plant Analysis: An Interpretation Manual (CSIRO Land & Water Resources S., 1997年)

堆肥中に含まれる窒素量の算出

○堆肥施用量の算出法／千葉県

<https://www.pref.chiba.lg.jp/chikusan/taihiriyousanshutsuhou.html>

○堆肥成分と施肥／全農

https://www.zennoh.or.jp/operation/hiryoudf/naru_taihi.pdf

○堆肥の利用ガイド／岩手県

https://www.pref.iwate.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/007/691/taihigaido2.pdf

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 果樹茶業研究部門 研究推進部 研究推進室

029-838-6453（研究推進室長）

029-838-6451（果樹連携調整役）

NIFTS_inq@naro.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。