

## 地震被災地におけるコシヒカリの成長経過と 米粒内タンパク含有率との関係

阿部 信行<sup>1,2</sup>・福山 利範<sup>2</sup>・木村 洋美<sup>2</sup>

### Relationship between growth stages of rice and protein content in rice cultivar “Koshihikari” of earthquake damaged area

by

Nobuyuki ABE, Toshinori FUKUYAMA and Hiromi KIMURA

#### Abstract

We investigated growth stages of rice and protein content of rice cultivar “Koshihikari” in earthquake damaged area. For “Koshihikari” of two earthquake damaged areas and contrast area about the factor which growth process and protein content were investigated. Basic data is soil analysis before rice planting, the amount of spraying, fertilizer time, the kind of quantity, the number of times of fertilization of agricultural chemicals from farming record tables, SPAD value, amount of yield and the grain of rice protein content after harvest. NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N and soil organic matter was analyzed. Soil organic matter shows a high tendency by Budoukubo. NH<sub>4</sub>-N shows a high tendency by Hanzougane and in case of NO<sub>3</sub>-N shows a high tendency by Budoukubo. The average height of grass was Shindouri, Budoukubo, and the turn of Hanzougane. Although transition of a SPAD value was changing almost similarly from the end of July to the middle of September as for Budoukubo and Hanzougane, if the period of maturity comes around, the SPAD value of Hanzougane will fall greatly. The yield of brown rice became the order of Shindouri, Budoukubo, and Hanzougane. Apparent amount of rice nitrogen absorption (plant height, number of tillers and value of SPAD) was correlated with protein of brown rice ( $r=0.49$ ).

キーワード：米粒タンパク含有率, コシヒカリ, 土壌腐植量, 稲体窒素吸収量, SPAD  
Keywords: rice, protein, Koshihikari, soil organic, rice nitrogen, SPAD

#### はじめに

地震被災地2箇所及び対照地区合わせて3箇所のコシヒカ리를対象に、成長に関する基礎データとして成長経過、関連する要因、収穫量、タンパク含量に関する調査を行った。これらの調査は、地震被災地の農業支援の一環として食味に優れた米生産に寄与するため、米粒内のタンパク含量との関連性を検討するために行ったものである。3地域を対象に得られた基礎的な調査結果は、食味予測や栽培管理の改善等の基礎データとして重要である。基礎データは田植前の土壌調査、営農記録表を基に、施肥時期とその種類や量、施肥回数、農薬の種類と散布量、成苗の生育調査結果、SPADによる測定値、そして収穫量、収穫後の米粒タンパク含量の測定等多岐にわたる。今回は成長に関する諸要素と米粒内のタンパク含有率との関係について解析した結果を報告する。

#### 測定方法と内容

新潟県北魚沼郡川口町武道窪地域の15箇所、新潟県長岡市半蔵金地域の10箇所、新潟市新潟大学附属フィールド科学教育研究センター新通STの3箇所を対象に調査を行った。調査内容は、①田植え前の箇所ごとに、1枚の水田から3サンプルを採集した土壌調査、6月29日から稲刈り直前まで2～3週間おきに1圃場につき5株2連の合計10株を対象に②成苗の草丈調査を行った。10株に印をつけて毎回、同じ個体を対象に、スケールを使ってmm単位で測定した。SPAD値（コニカ・ミノルタSPAD-502）は草丈を測定した10株の上部の葉で測定し、平均値で表示した。調査圃場の各農家に田植え日・肥料名・施肥量・収穫日等を記録してもらった。その記録表を基に各農家の穂肥の窒素成分量と田植から収穫までの間に施肥した窒素成分の量（基肥+穂肥）を算出した。

収穫調査は1坪当りの籾重・藁重・玄米重を測定し、玄米

3地域の草丈比較

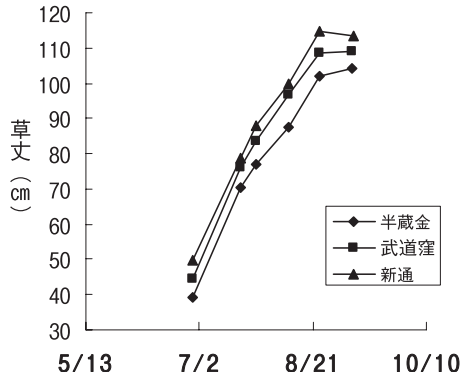


図-1 草丈の比較

重を収量とした。また、1坪当りの株数も調査し、その値を植栽密度とした。生育調査を行った10株を対象に最も長い稲に対して最長稈長・穂数を調査し、最も穂長の大きかった穂の粒数・不稔粒数・一次枝梗を調査した。収穫後は食味計を使って米粒内のタンパク含量を玄米、精米共に調べた。

川口町武道窪は、地震で水路が使えなくなり、平成17年度に作付けができなかった水田が混在している。15箇所の内、7ヶ所が該当している。作付けできなかった水田は、地震の際、山側の養鯉池からあふれた水が土砂を含んでおり、水田にも流入したものである。武道窪地区は平成17年10月に19軒計11haで農業組合法人「グループファーム武道窪」を設立した。ファームの農地を一つの農場とみなす形態をとっており、フォーム内の全圃場から生産される米の品質の均一化を計っている。ファーム内と他の圃場から生産される米の品質差についても解析した。

### 結果と考察

#### 土壌調査

土壌調査は、土壌計（全農型土壌分析器ZA-II）を用いて、3要素（NH4-N、NO3-N、腐植量）を分析した。サンプルは1圃場から3ヶ所の標本を採取した。数箇所はサンプルごとに解析したが、変動が大きかったので、3ヶ所のサンプルを混ぜて、資料とした。結果を表-1に示した。表中の単位は、NH4-N、NO3-Nは100g中のmg、腐植量は%である。サンプル数や繰り返し数も少なかったため統計処理は行わなかった。腐植量は武道窪で非常に高い傾向を示し、NH4-Nは半蔵金が高い傾向を示した。

#### 生育調査

3地域の平均草丈は、図-1に示すようにどの調査日においても新通>武道窪>半蔵金となった。平均値はノンパラメトリック検定（Kruskal Wallis検定）で地域間に有意差が認められた。半蔵金は他の地域よりも高標高で、田植も遅かった。収穫も遅かったが、草丈が他地域を上回ることにはなかった。9月7日の草丈の平均値は半蔵金で104cm、武道窪で109cm、新通（9月8日測定）で114cmである。草丈の伸長がほぼ停止するのは、植え付け後の日数が半蔵金で100日前後、武道窪で103から120前後、新通で100から115前後である。

表-1 土壌分析表

#### 半蔵金

| 圃場番号 | NH4-N | NO3-N | 腐食量  |
|------|-------|-------|------|
| 1    | 6.73  | 1.61  | 1.33 |
| 2    | 11.90 | 0.41  | 1.04 |
| 3    | 2.85  | 0.00  | 2.66 |
| 4    | 2.48  | 0.00  | 1.48 |
| 5    | 2.52  | 0.16  | 1.46 |
| 6    | 3.18  | 0.38  | 2.62 |
| 7    | 2.54  | 0.54  | 1.38 |
| 8    | 3.27  | 0.81  | 1.44 |
| 9    | 2.30  | 0.01  | 1.42 |
| 10   | 2.29  | 0.44  | 2.22 |
| 平均   | 4.01  | 0.44  | 1.71 |

#### 武道窪

| 圃場番号 | NH4-N | NO3-N | 腐食量   |
|------|-------|-------|-------|
| 1    | 2.00  | 0.41  | 2.12  |
| 2    | 1.32  | 0.00  | 5.10  |
| 3    | 2.24  | 2.08  | 6.39  |
| 4    | 1.75  | 1.86  | 8.52  |
| 5    | 1.97  | 0.30  | 7.86  |
| 6    | 2.03  | 0.81  | 4.81  |
| 7    | 1.70  | 0.35  | 11.18 |
| 8    | 2.15  | 0.36  | 13.90 |
| 9    | 2.08  | 0.15  | 10.80 |
| 10   | 2.17  | 0.52  | 18.60 |
| 11   | 2.22  | 0.33  | 12.70 |
| 12   | 3.36  | 0.43  | 7.14  |
| 13   | 2.22  | 0.40  | 12.30 |
| 15   | 2.08  | 0.35  | 2.36  |
| 16   | 2.81  | 0.66  | 1.80  |
| 平均   | 2.14  | 0.60  | 8.37  |

#### 新通

| 圃場番号 | NH4-N | NO3-N | 腐食量  |
|------|-------|-------|------|
| 1    | 3     | 0.48  | 2.15 |
| 2    | 3.59  | 1.21  | 2.13 |
| 3    | 3.13  | 0.26  | 2.47 |
| 平均   | 3.24  | 0.65  | 2.25 |

#### SPAD値の推移

武道窪と半蔵金は、7月下旬から9月中旬まではほぼ同じように推移していたが、成熟期を迎えると、半蔵金のSPAD値が大きく低下している。最後に計測した地域ごとのSPAD値の平均値はノンパラメトリック検定（Kruskal Wallis検定）で地域間に有意差が認められた。SPAD値と稲体の窒素濃度は、生育初期には高い一次相関があることが報告（末信ら1994）されているが、生育が進むと相関が低くなる。末信ら

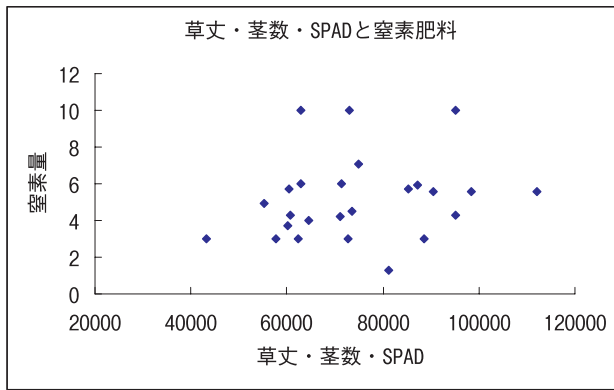


図-2 草丈・茎数・SPADと窒素量との関係

(1994)は同時に、草丈・茎数とSPAD値を乗じた値と稲体窒素吸収量との間にはいずれの時期においてもきわめて高い相関があることを報告している。図-2に草丈×茎数×SPAD値と窒素肥料の合計値との関係を示した。今回の両者の相関係数には有意な関係は得られなかった。末信らの報告のように、草丈・茎数とSPAD値で稲体窒素吸収量が推定できるとすれば、何時の時点で米粒タンパク含有率に影響を及ぼしているか等を詳細に追跡できることになる。今回、相関関係が得られなかった理由は不明だが、窒素量以外の影響が大きかったと考えるべきであろう。

#### 収量調査結果

対象地ごとに、坪刈り玄米重(g)、一次枝梗数、全粒数、不稔粒数、株数を調べた。玄米重では新通>武道窪>半蔵金となり、一元分散分析(Kruskal Wallis検定)では5%有意差が認められた。多重比較(Steel Dwass検定)により全調査地間に有意な差が認められた。生育調査結果と同じ傾向を示している。

#### 成分検査

米粒の成分検査は静岡製機、PS-500食味分析計を使用した。表-2に玄米、精米の分析表を示した。食味にはタンパク含有率が大きく左右する。タンパク含有率の比較では、玄米、精米共に多い順に新通>半蔵金>武道窪の順になった。一般的には玄米で8%以下、精米で7%以下がよいとされている(静岡製機2006)。玄米、精米共に基準値を下回っており、食味に優れた米と言える。安藤ら(1997)はササニシキで精米中のタンパク質含有率が8%以上となる率は約20%であることを報告している。ただし、タンパク質含有率の測定は、近赤外分光分析法によっている。一方、武道窪では、農業組合法人に加入している農家と未加入農家が混在している。農業組合法人では、組合員に対し、同じ営農を行って品質の向上に努めている。法人に入っている農家の平均タンパク含有率は玄米で6.48%、精米で4.74%となった。未加入の場合は玄米で6.58%、精米で5.01%となり、いずれも法人に加入している農家を上回った。

#### 肥料中の窒素成分の量とタンパク含有率及び収量との関係

全圃場を対象に、窒素成分量と玄米・精米タンパク含有率の関係調べたが、傾向は得られなかった(図-3、図-4)。

表-2 玄米、精米タンパク含有率(%)表

| 地域   | 玄米<br>タンパク | 精米<br>タンパク | B-1  | 6.6  | 5.0  |
|------|------------|------------|------|------|------|
|      |            |            | B-2  | 6.1  | 4.5  |
| S-1  | 7.2        | 5.8        | B-3  | 6.1  | 4.5  |
| S-2  | 7.3        | 5.9        | B-4  | 7.0  | 5.5  |
| S-3  | 7.3        | 5.7        | B-5  | 6.1  | 4.4  |
| 平均   | 7.27       | 5.80       | B-6  | 5.7  | 3.9  |
| H-1  | 7.1        | 5.6        | B-7  | 6.3  | 4.9  |
| H-2  | 7.2        | 5.5        | B-8  | 6.4  | 4.9  |
| H-3  | 6.8        | 5.5        | B-9  | 6.5  | 5.3  |
| H-4  | 6.6        | 4.5        | B-10 | 6.5  | 4.9  |
| H-5  | 7.3        | 5.9        | B-11 | 6.4  | 4.9  |
| H-6  | 6.8        | 5.3        | B-12 | 7.2  | 5.0  |
| H-7  | 6.4        | 4.3        | B-13 | 6.8  | 5.2  |
| H-8  | 6.6        | 4.7        | B-14 | 6.4  | 4.6  |
| H-9  | 7.0        | 5.3        | B-15 | 8.0  | 5.8  |
| H-10 | 6.1        | 4.8        |      |      |      |
| 平均   | 6.79       | 5.14       | 平均   | 6.44 | 4.89 |

5%レベルの有意な相関関係を示したのは、穂肥の窒素成分量と精米タンパク含有率との関係である(図-5)。この関係は半蔵金地域の全窒素量と精米タンパク含有率の間にも認められる。土壌養分等との関連が考えられるが、はっきりした関連性は得られなかった。

収量(坪刈り玄米重)と肥料(基肥+穂肥)中の窒素成分量、及び穂肥中の窒素成分との間における有意な相関は全体、地域別いずれにも認められなかった。本庄(1971b)は、肥料試験による玄米収量を調べている。肥料3要素を施肥した収量を100とすると、窒素単用は24%しかならないこと、リン酸単用で59%の収量があったことが報告されている。従って、収量と肥料との関係を解析するためには、窒素量だけでなく、他の要素の解析も必要である。

#### 栽 植

同じ施肥量でも、栽植密度や栽培条件の違いがタンパク含有率に影響を与えることについてはいくつかの報告例がある。これらの報告では、基肥窒素量が同じであれば、疎植であるほどタンパク含有率が高まると報告されている(本庄, 1971; 尾形・松江, 1998)。調査地全体の1坪株数と玄米、精米それぞれのタンパク含有率との関係は、いずれも相関関係は得られなかった。報告例は試験的に設計された圃場例であり、今回は一般の圃場なので基肥窒素量も異なり、栽植の差がそれほど大きくなかったためと考えられる。

#### 見かけの稲体窒素吸収量と窒素成分及びタンパク含有率

通常、稲体窒素吸収量は乾燥した資料についてケルダール分解法及びセミマイクロ蒸留法により窒素を定量することで求める(田中ら, 1994)。今回は、このような方法を取っておらず、稲体窒素吸収量を推定できない。ここでは、草丈×茎数×SPAD値が窒素吸収量と高い相関を示すことから、草丈×茎数×SPAD値で表される数値を見かけの窒素吸収量とみ

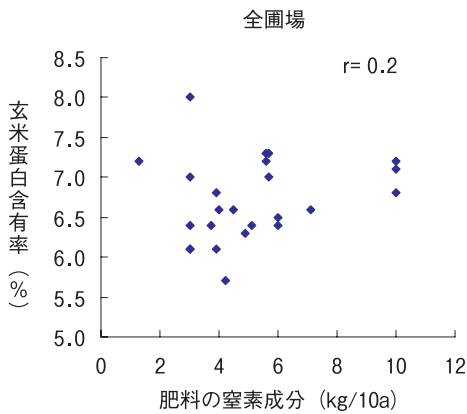


図-3 窒素成分量と玄米タンパク含有率との関係

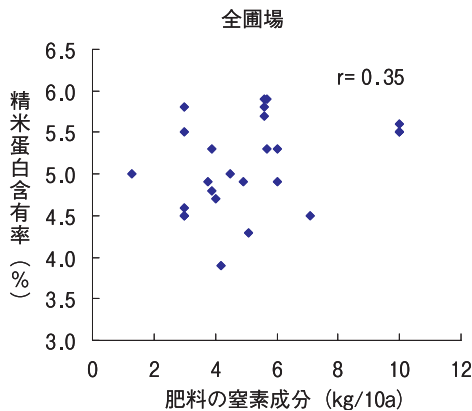


図-4 窒素成分量と精米タンパク含有率との関係

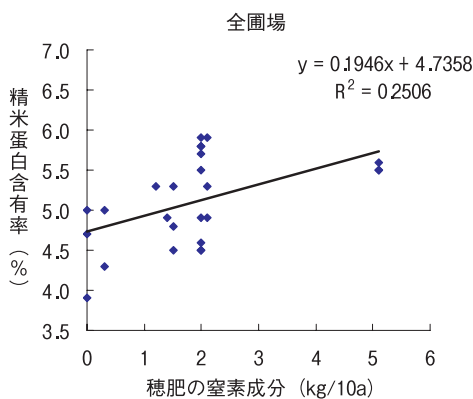


図-5 穂肥の窒素成分と精米タンパク含有率との関係

なして、両者の相関係数を調べた。その結果、草丈×茎数×SPAD値で表される見かけの稲体窒素吸収量と玄米タンパク含有率、精米タンパク含有率の関係を示した(図-6、図-7)。いずれも5%レベルで有意な相関関係を得た。

草丈・SPAD測定は9月7日、茎数調査は7月20日のデータを用いた。

$$\text{玄米タンパク含有率} = 5.8772 + 0.0000147^* \text{草丈} \times \text{茎数} \times \text{SPAD値} \quad \text{相関係数} = 0.49$$

$$\text{精米タンパク含有率} = 4.2431 + 0.0000144^* \text{草丈} \times \text{茎数} \times \text{SPAD値} \quad \text{相関係数} = 0.45$$

このように、草丈×茎数×SPAD値と玄米、精米のタンパク

含有率の間に回帰式が成立することを確かめた。稲の成長には、3要素の肥料が必要であるが、米粒内のタンパク質含有には窒素施用の影響が大きいことを山下・藤本(1974a~d)が報告しており、白米のタンパク質9%以上の場合に食味の悪化が問題になることを示唆している。今回は精米のタンパク含有率は圃場ごとに見ても、6%を超える箇所は見られなかった。田中ら(1994)は穂揃期、成熟期における窒素吸収量及び幼穂形成期から穂揃期の間には高い正の相関が認められ、穂揃期の窒素吸収量が10.5kg/10a、成熟期で12.0kg/10aの場合、玄米窒素濃度は1.3%程度になることを実証している。玄米窒素濃度と食味との間には負の相関があり、窒素濃度が高くなるほど食味は低下することを指摘している。玄米の窒素濃度からタンパク質含有率への変換は、1例としてマクロ・ケルダール法により、タンパク質換算係数5.95を乗じて求められる(平ら1972)。従って、玄米中の窒素濃度とタンパク質含有率は同義に用いられる。タンパク含有率が食味に与える影響については多くの報告がある(本庄a, b 1971, 本庄ら1980, 山下・藤本a, b, c, d, 1974)。解析は白米、玄米で行われているが、白米と窒素含量と玄米のそれとの間には $r = 0.98$ と高い相関があることを山下・藤本(1974)が報告しており、したがって、精米、玄米のどちらで論じても構わないとしている。米粒内のタンパク含有率が増加すれば、食味が低下するとの結論を得ている報告が多い。今回も、穂肥量と米粒タンパク含

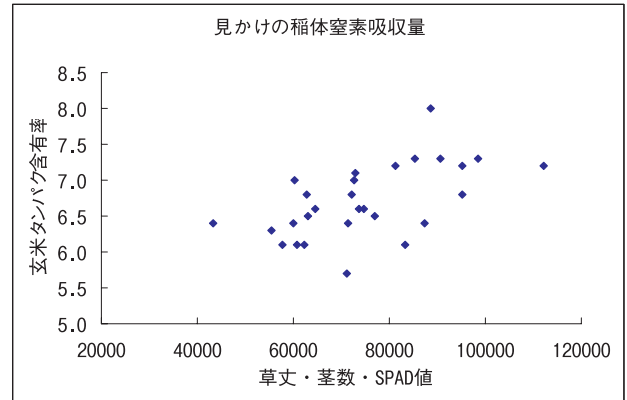


図-6 草丈・茎数・SPAD値と玄米タンパク含有率との関係

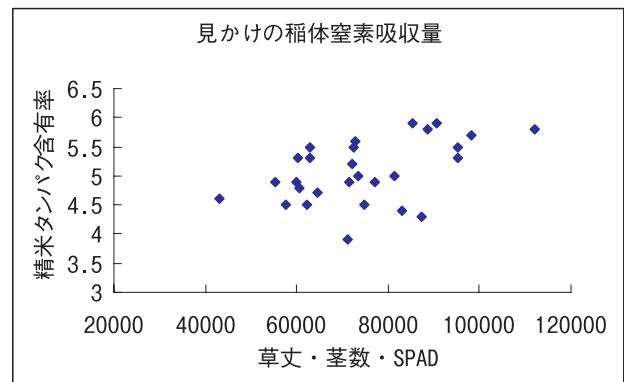


図-7 草丈・茎数・SPAD値と精米タンパク含有率との関係

量、見かけの窒素吸収量と米粒タンパク含量との間に相関が得られたことから、タンパク含量を低下させるような営農が重要である。しかし、食味試験を行った結果では、いずれの産地の精米も十分、美味しい。今後、どのように営農したらよいか、さらに、検討を続けたい。

### あとがき

調査対象とした地震被災地の長岡市半蔵金、川口町武道窪における玄米・精米のタンパク含有率を調べた。その結果、タンパク含有率が低く、旨い米であることが実証された。一方、タンパク含有に影響を与える要因では穂肥との関連は見られたが、基肥の窒素量とは関連は見られなかった。地震の影響で1年間作付けできなかった圃場や水路が変化したり、土砂が流入した水田も見られる。肥料とタンパク含有率との関連は、さらに継続的に調査する必要がある。調査した圃場だけでなく、被災地全体のタンパク含有の把握には衛星データの利用が効果的である。既に、こうした研究に取り組んでいる。今後、営農と品質の関係、衛星データを用いた広域への情報発信等に取り組むたい。

調査にご協力頂きました川口町役場阿部恒夫氏、長岡市半蔵金柁沢善一郎氏、阿部研究室（兵藤 聡、田中由衣子、新野雄大、斉藤 健、木村尚貴）、生産環境科学科4年（鈴木奈美子、樋山和恵、芝原 知）の学生の皆さんにお礼申し上げます。

### 引用文献

安藤 豊・松田裕之・藤井弘志 (1997) : 水稻の窒素吸収量からみた初生産効率と精米中のタンパク質含有率の関係, 日本土壤肥科学雑誌 68, 501-507

本庄一雄a (1971) : 米のタンパク含量に関する研究, 第1報 タンパク質含有率の品種間差異ならびにタンパク質含有率に及ぼす気象環境の影響, 日本作物学会紀事40, 183-189

本庄一雄b (1971) : 米のタンパク含量に関する研究, 第2報 施肥条件のちがいが玄米のタンパク質含有率およびタンパク質総量に及ぼす影響, 日本作物学会紀事40, 190-196

本庄一雄・平野 貢・藤瀬一馬 (1980) : 米のタンパク含量に関する研究, 第5報 穂揃期窒素追肥および葉面散布窒素の穂への移行と米粒タンパク質含有率に及ぼす影響, 日本作物学会紀事49, 467-474

尾形武文・松江勇次 (1998) : 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究, 日本作物学会紀事67, 485-491

末信真二・角重和浩・山本富三・井上恵子 (1994) : ヒノヒカリの窒素栄養診断, 第2報草丈・茎数・葉色からの水稻窒素吸収量の推定, 福岡農総試研報A-13, 5-8

平 宏和・平 春枝 (1972) : 北海道産水稻うるち玄米のタンパク質含量, 日本作物学会紀事41, 44-50

田中浩平・角重和浩・山本富三 (1994) : ヒノヒカリの窒素栄養診断, 題3報窒素吸収量と玄米窒素濃度・食味との関係, 福岡農総試研報A-13, 9-12

山下鏡一・藤本堯夫 (1974a) : 肥料と米の品質に関する研究, 1 肥料が米のデンプンの理化学的性質に及ぼす影響, 東北農業試験場研究報告, 48, 55-63

山下鏡一・藤本堯夫 (1974b) : 肥料と米の品質に関する研究, 2 窒素肥料が米の食味, 炊飯特性, デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響, 東北農業試験場研究報告, 48, 65-79

山下鏡一・藤本堯夫 (1974c) : 肥料と米の品質に関する研究, 3 リン酸とカリが米の食味, 炊飯特性, デンプンの理化学的性質等に及ぼす影響, 東北農業試験場研究報告, 48, 81-90

山下鏡一・藤本堯夫 (1974d) : 肥料と米の品質に関する研究, 4 窒素肥料による精米のタンパク質の変化と食味との関係, 北農業試験場研究報告, 48, 91-96

