

イネ (2)

生理・生態的解析

誌名	日本作物学会東北支部会報
ISSN	09117067
著者名	金,和裕
発行元	日本作物学会東北支部
巻/号	50号
巻号補足	
掲載ページ	p. 7-19
発行年月	2007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



イネ 2) 生理・生態的解析

金 和 裕

(秋田県農林水産技術センター農業試験場)

Rice 2) Physiological and Ecological Analyses

Kazuhiro KON

(Akita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center
Agricultural Experiment Station, Yuwa, Akita, 010-1231, Japan)

1. 種 子

硫酸処理によって籾殻を溶かし種籾にジベレリンを吸わせることで発芽が促進された (小野寺 '66, 0806).

休眠の深い水稻品種ひとめぼれは、3月中の保存温度を高めることで休眠打破が進み発芽が良くなり (木田 '03, 4612), 乾田直播で播種した場合も出芽が良くなった (木田 '03, 4613). ひとめぼれの休眠覚醒のためには、遅くとも播種2ヶ月前から30℃, 播種4ヶ月前から20℃の加温が必要で (木田・大谷 '04, 4702), 休眠程度の異なる種子においても、3月中の30℃の温度処理や高温処理により発芽率や出芽率が向上した (木田ら '04, 4703).

低温下で稔実した種子は高温下で稔実した種子に比べ早期に発芽力が喪失した (高橋 '76, 1923). 出穂後20日までの低温によりあきたこまちは穂発芽しやすい種子になることが示された (畠山ら '95, 3824). あきたこまちの休眠性は高温により形成され、特に登熟後期の高温の影響が大きく限界温度が22~23℃付近に存在することが推察された (川本ら '01, 4432). 平均発芽日数は、出穂後20日間の最高気温、日較差、日照時間と負の相関が高かった (木田ら '05, 4830).

長期貯蔵種子に関して、能力判定は従来の出芽率だけで判断することは危険であり、30℃3日後の発芽率を発芽勢として定期的に抑え発芽率90%以上を基準に推定することが提案された (畠山・斉藤 '78, 2053). また、常温で2ヶ年程貯蔵した種籾では、発芽率、乾物生産、葉数増加速度は種籾の比重に比例する傾向を示した (五十嵐ら '85, 2801).

種子の低温抵抗性に関して、温水処理により著しく高まることが報告された (沢ら '78, 2055).

この他、畑産種子は、水田産種子に比べて育苗期から本田初期に旺盛な生育となり後期は弱まることが報告された (沢・及川 '68, 1034). 発芽力の旺盛な種子では発芽勢、発芽率と呼吸速度の間に量的な相関関係

は認められず、発芽力の劣る種子では密接な相関関係が認められた (熊野ら '74, 1629). 種子のTTC還元能で品種間差異が認められた (五十嵐ら '88, 3125).

2. 育 苗

(1) 気象環境

低温下での苗の発根力が異なる要因を明らかにするため苗の基部における呼吸作用が測定された (八柳ら '59, 0103).

出芽温度の違いが苗の生育、胚乳養分の移行、培地からの養分吸収に及ぼす影響 (平野ら '83, 2610) や根の生育に及ぼす影響 (平野・本庄 '85, 2805) が検討された.

育苗時の温度、光条件が葉緑素に及ぼす影響が検討され、暗所高温下で4日以上育苗することや暗所育苗後低温下に長くおくこと、または暗所4日以上育苗後快晴日の強光下で育苗することなどは葉緑素の蓄積に不利であった (寺中ら '71, 1304). 稚苗育苗において、低気温と高地温を組み合わせることにより徒長抑制、出葉速度の向上、葉身、根の発達等メリットを集めた苗素質となり収量も向上した (寺中・杉本 '73, 1511). 低夜温 (10℃, 5℃) は苗の生育量を小さくしたが、移植後の生育が促進された (寺中・原城 '76, 1837). 育苗温度は、光条件にかかわらず35-15℃で安定性が高く能率的であることが示された (寺中・原城 '76, 1836). 稚苗の育成期間中の減光によって、前期では苗質の劣化なしに生育が増し本田での茎・穂数、収量が強光より多い傾向にあり、中期ではN%が増加し、後期では苗質が低下した. また、苗素質の指標として本田の茎・穂数、収量増との関連から茎葉乾物重/草丈が適当であり、次いで苗の乾物重、Nmgであることが示された (寺中・近藤 '76, 1838). 稚苗の播種~育苗前期の好適な光量が検討

された(宮迫ら '85, 2804)。

4葉苗育苗時の温度反応が検討され、葉数は、積算気温で約350℃頃(播種後20日頃)までは播種量の多少にかかわらず直線的に増加するがその後停滞ぎみとなる。また、播種後40日の葉数は、播種後20日頃からの葉数と正の相関が認められ、播種後40日で4葉に達するためには、播種後20日頃までに3葉以上となっている必要があり、このころまでの保温的管理の重要性が示された(芳賀 '76, 1907)。

成苗の好適な育苗温度は、播種～4葉期まで日平均気温18～20℃(日較差10℃)であり、育苗光量は260lyまで多い方が良く、好適光管理は温度と異なり生育段階が進むにつれ増大させることであった(寺中ら '88, 3111)。

ササニシキの稚苗、ポット苗、成苗について、光合成速度の適温は25℃前後であったが、少照下(0.7万lux)では適温はより低温に移ることが示された(寺中 '84, 2702)。

ビニール畑苗床における発芽期の高温の影響が検討され、浸種粃を37.5℃内外で48時間処理すると播種後の発芽が早く生育は優る傾向で経過し、1cmの地温を播種後7日間35℃以上の高温におくと発芽は遅れたものの最終的な発芽歩合は90%内外を示した。しかし、発芽後の生育は劣った(小松・田代 '72, 1402)。発芽期にある時間適温以上の高温におかれることがあっても、それが42℃をこえない限りその後の生育への影響は小さかった。しかし、発芽をおくらす傾向にあるだけ不利になる(小松ら '73, 1507)。

水稻苗の生育に対する風と湿度の影響が明らかにされるとともに品種間差異が調査された(羽根田 '80, 2303)。

水稻は、1～3葉期に長日条件に対してすでに感応しており、その敏感な時期は品種によって多少の違いがあった(加藤 '61, 0324)。

360nmの近紫外線照射がイネの幼植物の生育に有効であることが示された(寺中 '73, 1513)。稚苗育苗において、光質の違いによって苗や移植後の水稻の生育に違いがみられ、粃の置床後3日目の発芽粒数歩合や平均発芽期間に違いがみられた(原城・西川 '75, 1706)。また、青色フィルムB15の利用によって黄白化防止効果および初期生育促進効果が認められた(原城・西川 '76, 1808)。品種、播種量、および光処理時期を異にした場合の光質の違いに対する苗生育反応の基本型は変わら

なかった(原城・西川 '76, 1807)。390nm以下を除去した青色フィルムの被覆により稚、中苗とも苗の生育、移植後の初期生育が優り、いもちの胞子形成や葉いもちの発生は全く認められなかった(原城ら '76, 1910)。

(2) 胚乳が苗の生育に及ぼす影響

胚乳を除去することによって、1.5葉苗では2.0葉苗に比べ有意に発根力が劣った(阿部ら '70, 1201)。稚苗育苗では、早期に胚乳を除去するほど生育量が劣り、根長は細く短くなった(阿部ら 1972)。また、稚苗の生育に及ぼす胚乳の意義を明らかにするため、種粃の比重の違いが稚苗の生育に及ぼす影響について検討された(阿部・高橋 '74, 1601)。離乳期は、播種後20日目の3.3葉期と考えられ、胚乳中の養分の消長は窒素、リン酸、カリの順で消費が早く、従属栄養期間中といえども発芽初期から相当量の三要素を土壌から吸収していることが示された(熊林ら '74, 1602)。種子中に貯蔵されている窒素、リン酸、カリに関して量的変化ならびに従属栄養期間の幼植物の生育に及ぼす影響が、イネ、コムギ、オオムギで比較された(平野ら '81, 2404)。各種水稻苗の由来別吸収窒素が検討され、乳苗は他の種苗に比較して粃の成分の残存割合が高く、また肥料を施用すると粃の窒素成分の利用が促進されて苗の乾物生産も向上すること、粃の乾物残存割合に比較して窒素の残存割合が高く粃の窒素の17～18%が利用不可能な形態であること、粃から根への窒素の移行は乳苗段階までではほぼ終了するのに対して、茎葉への窒素の移行は稚苗段階まで行われていることが明らかになった(三枝ら '96, 3909)。

(3) 耕種条件、その他

播種密度と基肥量が茎の太さや分けつ芽の大きさに及ぼす影響が検討された(後藤ら '88, 3113)。播種密度が育苗期間における非伸長節間の形成過程に及ぼす影響が検討された(中村ら '02, 4506)。播種深度に対するイネ、ムギ類、他イネ科植物の適応が検討された(西澤・菅 '95, 3811)。

発芽から稚苗期にかけての湛水は、稚苗の乾物重の増加が抑制され茎葉は徒長し内容的に充実しないため有害なことが多い(佐藤 '61, 0319)。

暗室加温出芽管理法を明らかにするため、処理日数、温度および床土の水分の違いが苗の生育に与える影響が検討され、暗所加温出芽日数としては、催芽種子で温度32℃、土壤水分100%の場合3日以内であれば苗の生育に影響がないことが示さ

れた(寺中・杉本 '71, 1303)。

出芽時に出芽長を長く保つと、第1葉鞘高、第2葉身長が増大するとともに葉齢増加が抑制され、乾物重/草丈などからみて苗質が低下すること、出芽後の緑化や被覆資材等による過度の保温によっても徒長など苗形質が低下することが報告された(関・野中 '79, 2204)。

核酸物質を、出穂後1週間目に穂首に単独、或いは混合して注射し、稔実後採取し播種した結果、5'AMP、5'GMPの組み合わせによってアルビノが多く出現した(富田・塚越 '66, 0808)。

3. 本田生育

(1) 気象環境

日照の不足は、初期では徒長による生育遅延、節間伸長期では下部節間の伸長による倒伏の助長、幼穂形成期から出穂期にかけては2次枝梗の減少に伴う穎花数の減少や上米粒重の低下をもたらし、出穂開花期頃では不稔の増加、出穂後では屑米の増加等を引き起こした(岡崎・阿部 '62, 0401)。栄養生長期および幼穂形成期の遮光による減収は、主として養分吸収阻害(和田ら '70, 1214)に基づく茎数、穎花数の減少によることが示された(輪田ら '70, 1213)。生育初期の日照不足による収量の低下は、密植および多肥により穂数や穎花数を増やすことによってある程度防ぐことができた(輪田ら '71, 1336)。生育各期の遮光処理が乾物の配分におよぼす影響が検討された(和田ら '71, 1337)。出穂前の遮光によって、茎葉中の貯蔵炭水化物が減少し、茎部の可溶性窒素含有率が高くなり、初期登熟の停滞がみられた(梅津ら '84, 2722)。日射量やそれに伴う光・乾物変換係数とN施肥量、栽植密度、気温、品種の特性などとの関連が検討された(手塚 '99, 4227)。

品種の光反応が検討され、草丈、茎数、葉数、葉身長、葉鞘長、葉身巾で品種間差異が認められた(工藤・福重 '87, 3009)。短日処理によって穂、節間、葉の異常生長が観察された(北野 '62, 0424)。

分けつ期の水温の影響は、草丈の伸長は25℃付近に適温があり、茎数増加には平均水温が高く温度較差が大きい場合に有利であり、出葉速度は平均水温の高いものほど速かった。乾物生産は昼間水温の高低により支配され、夜間水温の影響は少なかった。これらのことから、分けつ期の灌漑方法は昼間止水、夜間の間断灌漑の効果が大きいと考えられた(本庄ら '68, 1002)。

地・水温、日射、土壌Nが水稻の生育におよぼす影響について検討され、水稻生育初期の窒素吸収に対して地温の上昇、窒素施肥量の増加はプラスに作用し、これらの関係は連重回帰手法の適用により重回帰手法に比べ適合度が向上した(村上ら '73, 1506)。水稻の生育初期(6葉期から21日間)において、日射量と水温は葉身の光合成能力に、また土壌のアンモニア態窒素と水温は根の吸収能力に影響を与え乾物重を増加させ、乾物増加量と土壌アンモニア態窒素との関係は双曲線で表示された(和田・村上 '74, 1608)。地上部乾物重、分けつの増加量、根重増加量、葉身重増加量、NARは日射の影響が大きく、地上部乾物重/平均根重は水温の影響が大きく、穂首分化期における葉/茎比率は日射量が少なく、水温が高く、土壌中Nが多いほど上昇し、T/R比率は日射量が少なく、土壌中Nの多いほど高まることが示された(和田・村上 '75, 1710)。稚苗、中苗とも水温と生育形質とは正、出穂期とは負、登熟進度とは正の関係が認められた(高田ら '78, 2032)。水温日較差の増大は、日平均水温15℃以下の低水温で光量にかかわらず葉数、茎数を増加させたが、日平均気温24℃の高水温で効果は少なく、多照の効果が大きかった。15℃以下の低水温で、水温日較差が小さい場合少照下の葉数は多照下よりも増加した(寺中ら '79, 2208)。昼温、夜温が一定時刻に突然切り替わる急変区と、サインカーブに従って徐々に変温する緩変区が水稻の生育に及ぼす影響が検討され、生育、稔実に有意な著しい差は認められなかった(佐藤・大友 '79, 2210)。

光合成速度の適温はおおよそ1万lux以下の少照になると低温側にかたよってることが明らかにされた(寺中 '85, 2828)。圃場の群落条件下における低温処理によって、幼穂形成前は葉の展開、幼穂形成後は穂への同化産物の分配が最も抑制された(春原ら '86, 2911)。

(2) 有効積算気温

水稻品種が一定の積算気温を確保することによって、極めて規則的に止葉を抽出し、出穂することが示された(八柳・竹内 '59, 0104)。一方、有効積算気温の一定性は北海道品種に対してはある程度あてはまるが西南暖地品種に対してはあてはまらず、日長の影響を十分考慮する必要のあることが指摘された(西沢・神田 '76, 1916)。

(3) 生育相・前歴

水稻の栄養生長と生殖生長の生育相の転換につ

いて温度の影響（竹島 '78, 2002）や、物質検索による内的変化が検討された（竹島・羽根田 '78, 2003）。

水稻の稔実に影響を及ぼす要因は、稔実期間だけでなくそれ以前の環境条件が重要であることが再確認され、寒地品種では主に生育後期の温度条件によって稔実が支配され、暖地品種では生育前期の温度条件が重要であった（西沢・神田 '79, 2214）。生殖生長期間の長短に及ぼす栄養生長期間の温度の履歴効果の違いから品種は3つの類型に分類された（西沢・神田 '80, 2309）。幼穂発育日数の変異の中は幼穂分化期日のそれよりも年次間での変異が大きく、幼穂発育期間に限って言えば積算温度一定の法則は成り立ちにくい。幼穂分化前30日間の平均気温が低い方が幼穂発育期間は短くなる傾向が認められた（西沢・神田 '81, 2429）。基本栄養生長期間と生長の諸特性に対する温度の影響が検討され、明期温25～34℃、暗期温20℃一定の範囲内では温度の如何にかかわらず幼穂分化の時期は品種によって変わらないが、幼穂分化に至るまでの日数は品種や温度により異なった。出葉速度が最も早まる葉位は品種や温度によって異なった。相対生長率の低下の度合いと基本栄養生長期間の長短との間には明らかな関係は認められなかった（西沢 '83, 2609）。東北地域におけるラグ期の長短は最高分げつ前5日間の1日当たり日照時間の多少と負の相関関係が、 m^2 当たり穂数との間に高い正の相関関係が認められた（西沢 '84, 2733）。

(4) 湿度・風

窒素の吸収は、風処理によって抑制され遮光によって抑制程度は軽減された。カリの吸収は、遮光下で多くなり風処理の影響は明らかでなかった（羽根田 '71, 1326）。養分吸収に及ぼす気象条件（水温、遮光、風、湿度）の影響が検討された（羽根田 '72, 1422）。水稻の蒸発、蒸散量や窒素、リン酸、カリの養分吸収は光、温度、湿度の影響を受けた（羽根田 '73, 1524）。水稻、大豆、トウモロコシの養水分吸収と湿度・風の関係が検討された（羽根田 '76, 1922）。温度と光の強さ、空気湿度の組み合わせが栄養生長期の生育に及ぼす影響が検討され、生長に及ぼす影響は、湿度は小さく、光の強さは大きく、高温ほど優った。出葉は湿度の影響は小さく弱光、低温で遅れた。窒素含有率は湿度の影響は小さく、低温、弱光で高まった。炭水化物含有率は低温で著しく高まり、湿度の影響は不明だが弱光で低下した（佐藤・大友 '76,

1924）。水稻の養水分吸収に及ぼす遮光前歴および蒸散抑制の影響が気温、湿度および風処理行っている調査された（羽根田 '84, 2749）。明・暗期における湿度の相違および風処理が水中溶存酸素の吸収におよぼす影響について検討された（羽根田 '78, 2004）。水生植物である水稻と陸生植物であるトウモロコシで溶存酸素の吸収と湿度、日照、風、培養液濃度等の環境条件との関係が検討され、両者の環境に対する反応に相違がみられた（羽根田 '78, 2139）。

(5) 酸化還元

水稻生育期における還元抵抗性の品種間差異が検討された（上林・五十嵐 '89, 3218）。下層土の酸化還元状態の相違が水稻の生育に及ぼす影響について黒ボク土水田模型・砂礫水田模型（佐々木ら '96, 3913）、沖積土水田模型（佐々木ら '97, 4008）で検討された。

(6) CO₂環境

栽植密度、施肥量の異なる2つの作物個体群におけるCO₂濃度の変化がイネの生育過程をとおして比較検討された（手塚ら '84, 2750）。登熟期における日射量および気温とCO₂濃度の垂直分布、出穂期、糊熟期におけるCO₂濃度の時間断面が検討された（手塚 '90, 3328）。朝夕の作物個体群のCO₂濃度が測定された（手塚 '92, 3525）。発芽過程でKClO₃抵抗性が弱い品種ほど、展開葉の孔辺細胞が長いほど、高CO₂濃度・高温下で乾物重の増加率が高い傾向にあった（手塚 '93, 3605）。太陽エネルギー利用効率の高い栽培法を確立するため、水田における放射特性と乾物生産との関係が究明された（手塚ら '82, 2520）。

(7) 養分吸収

稚苗移植の場合、5～6葉時までの初期生育確保に必要な最小限度の土壌窒素濃度は乾土100g当りNH₄-Nで6mgと考えられた（千葉ら '79, 2207）。水稻の窒素濃度が追肥窒素の吸収及び穂への転流に及ぼす影響が検討され、追肥由来窒素の吸収速度は植物体窒素濃度が低い場合に高く、追肥由来窒素が他の器官を経ないで直接穂へ集積する速度及び穂以外の他器官に蓄積された後に穂へ以降する転流速度はともに植物体窒素濃度が低い場合に高くなった（角田ら '94, 3741）。9葉期（幼穂分化開始時期）追肥により主稈葉数が1枚増加したことから出穂期が遅くなった（佐々木ら '04, 4701）。

水稻生育にともなう土壌水中のpHとケイ酸の動態が検討された（羽根田・遠藤 '85, 2830）。

豊凶年のササミノリの生育収量と体内成分の変動が検討された(佐藤ら '90, 3324)。

^3H を標識した水を用いて、給水・蒸散作用や H_2 の植物体構成成分形態への配分が検討された(佐々木ら '71, 1339)。

(8) 酵素

水稻の生長解析の手段として体内のパーオキシダーゼ活性とアイソザイムが検討された(福重ら '74, 1631)。作物の低温に対する対応の仕組みを体内酵素の活性から把握するため水稻葉身の酵素活性が検討された(福重ら '75, 1703)。

(9) 根

苗の発根、活着後の初期の生長は、気温より地温の影響が大きく高いほど生長が良かったが、幼穂形成期以降は逆に気温の影響が大きく出葉、生長速度ともに高気温の場合に速くなった(佐藤 '61, 0320)。土壤水分が低い条件(PF約1.8)や低地温条件は根の呼吸速度を高く維持し、地上部の生育は高温ほど良く、根重は 15°C 以外低温ほど大きかった(熊野ら '72, 1424)。

出穂前25日頃までの窒素追肥は根量増加に対して抑制的に、地上部器官造成とくに葉身増大には促進的に働きT/R比を向上せしめ、どの時期の追肥によっても根の窒素濃度、根の呼吸速度は増大した(熊野ら '72, 1423)。穂ばらみ期のT/R比は地下水位調節圃場、堆肥および窒素施用区で高かった(金ら '74, 1612)。出穂期の飽水及び飽水と低地温の組み合わせはT/R比を低下させるが根量は多く、根のカリと葉緑素、根の物理的強度との関係が強く根の機能に対するカリの重要性および根の活力の指標としての有用性が示唆された(金ら '76, 1811)。

根の呼吸速度は、概ね生育時期の進行に伴い低下し、登熟各期の根の呼吸速度は同期の10～20日前の完全展開葉の上から第4葉のクロロフィル含量と高い関係が認められた(神保 '85, 2829)。

出葉間隔が短いといわれる日印交雑品種「維新」を用いて冠根の伸長終了時期が検討され、冠根の伸長終了時期は、最上位要素根でも出穂期前8日であった(川嶋 '86, 2906)。上位要素根の出現に対して、主稈葉数の多い品種では良好な条件で促進されるより不良な条件で抑制されやすく、主稈葉数が中程度の品種では良好な条件による促進と不良な条件による抑制が明瞭に現れやすく、主稈葉数の少ない品種では著しい不良条件に対してのみ抑制された(川嶋 '86, 2907)。

根は分げつ増加が停止した後急激に伸長し深部に達し、耕土が深い場合は成熟期の葉の枯れ上がりが少なく葉色が濃かったが、浅い場合は枯れ上がりが早かった(八柳ら '60, 0206)。登熟に及ぼす幼穂分化時の断根処理の影響が検討され、幼穂形成期前に出現する上位節根や上・中位節根のカットにより2次枝梗数が減少し、その結果1穂粒数や稔実粒数、1穂粒重、1穂重が低下した。断根により処理直後～出穂前21日の溢泌液量が低下し、乾物増加速度は強勢穎花では影響が少なく弱勢穎花では乾物蓄積が緩慢に進行したものの最終の乾物重は変わらず、胚乳細胞数にも差は認められなかった(星川ら '89, 3210)。養分吸収に果たす層位別根の役割が検討され、根の呼吸速度は下根が上根を上回り、根密度当たりの窒素吸収量は直下層区と斜下層区で上層区を上回った(安藤・角田 '89, 3211)。

(10) 分げつ

分げつは、地温 $20\sim 30^\circ\text{C}$ で最も多く、低気温で日較差が大きい場合に増加しやすいことが示された(佐藤・菊池 '68, 1003)。制御環境下における分げつ発生と温度の関係が日本稲および外国稲で比較され、1次分げつ数は温度による差異が少なく、総分げつ数の差は2次、3次分げつ数の差によることが示された(柿崎 '76, 1917)。分げつ発生は低温条件で促進され、高温条件では抑制され、分げつ芽の形成は高温で促進された(柿崎 '78, 2008)。多げつ型品種は、 $20\sim 40^\circ\text{C}$ の温度範囲においてどの温度較差の条件下でも分げつが出現伸長したが、少げつ型品種は高い温度($30\sim 40^\circ\text{C}$)で分げつ出現が抑制された(柿崎 '79, 2209)。温度が高いほど主稈葉の展開が早まりそれに伴う1次分げつの出現も早くなったが、分げつ発生に不適な環境下では分げつの出現は主稈葉とは同調せず環境が好適条件になるに従って各節位に分化した分げつ芽は出現伸長し最適環境条件に至って主稈葉の展開と同調した分げつ体系が得られ、その適応環境の広狭は品種により差異がみられた(柿崎 '80, 2308)。稈基部が高温条件におかれると分げつ芽の内部分化は順次進むが伸長は伴わず5枚程度で休止状態となり、冷温処理条件下では分化後の伸長は遅いが出現伸長するけっ子は多くなった(柿崎 '83, 2608)。品種の草型の差異に関係なく、全ての節の葉腋部に分げつ芽は分化着生し、伸長を休止する分げつ芽の大部分は、プロファイルを含め4～5枚分化した後に休止状態となった(柿

崎 '85, 2809). 稈基部に対する温度処理が分げつの出現伸長に及ぼす影響が検討され、稈基部が高温条件に置かれると、主稈葉の展開は促進されるが、分げつ芽の伸長は伴わずプロファイルを含め4～5枚まで分化しその後休止状態となった。これらの休止状態のけつ子も伸長生長の適温が再び与えられると同伸葉理論より遅れて再び伸長生長を始めるけつ子もあった(柿崎 '87, 3005)。また、低い温度環境では主稈葉の展開との対応出現よりも早まる出現が確認され、少げつ型品種が多げつ型品種より分げつの出現伸長の適温域が狭いと考えられた(柿崎 '88, 3122)。

ポット苗の植付姿勢が分げつ発生とその有効化に及ぼす影響について調査された(及川ら '76, 1920)。キヨニシキはレイメイより出葉速度が速く主稈総葉数が多いことから高い節位からの分げつが多くなり、初期の生育が抑制されるとより高い節位または高次分げつに依存する傾向にあった(金ら '84, 2712)。イネF1雑種の分げつ性がその両親と比較検討された(後藤ら '04, 4715)。

深水処理によって、葉齢は影響を受けなかったが分げつは、第3号1次分げつと2次分げつの出現率が低下し、深水処理による地際水温日較差の減少が分げつ発生抑制の一因と考えられた(後藤・斎藤 '95, 3815)。施肥量の違いが主茎と分げつの同伸性に及ぼす影響についてササニシキと少げつ性品種で検討された(加藤ら '98, 4111)。

茎数の推移は、交換性よりも水溶性アンモニア態窒素に強く影響された(安藤ら '87, 3006)。

東北地方において、早植栽培は普通植、晩植に比べ主稈下位節からの分げつ発生が多く茎数・穂数が多かった(平野・宇田川 '60, 0215)。早植栽培において無効分げつの果たす役割を明らかにするため、最高分げつ期、出穂期の分げつ制限が収量構成要素、体内養分に及ぼす影響が検討された(平野ら '60, 0216)。

(11) 葉

水稻の葉原基の発生周期と出葉周期は平均気温と密接な関係にあった(長南 '66, 0807)。葉原基数と葉数の増加は、気温が徐々に増加する場合には直線的で出葉転換点が認められるが、気温が徐々に下降する場合には曲線的で出葉転換点も明瞭でなく、出葉周期は葉原基の発生周期よりやや長い。そのため両者の差は生育が進むにつれ増加した(長南 '67, 0910)。

水・陸稲の鞘葉の気孔数の差異が調べられた

(輪田 '67, 0909)。V字葉と細葉は密植条件下で受光態勢が有利であることから乾物生産性が高いことが示された(佐藤 '89, 3219)。生育初期から、生育にあわせて水位を上げていく深水処理によって葉鞘長、葉身長が著しく伸長し、さらに葉齢の進み方が早くなった(照井ら '96, 3912)。水稻の葉の出穂後の角度維持は、同化器官の充実度との関係が深く、乾物歩合の減少とともに角度が落ちてくる。また、中肋直径、葉面積/葉身重との関係が深く品種により依存度が異なった(菅原 '67, 0912)。

(12) 節間伸長

phospho-Dの施用による下位節間の伸長抑制が報告された(高橋・吉田 '65, 0708)。矮性稲は必ずしもジベレリンの欠如に起因するものではないことが示された(原田・輪田 '69, 1114)。2.4-Dの節間伸長開始期の茎葉処理による節間維管束の形態的異常とその形成過程について光学顕微鏡で観察した結果が報告された(松田・輪田 '70, 1220)。

各節間の伸長期間は、出穂期を基準にすると品種による差は小さいことが示された(高橋・遠藤 '69, 1113)。稈基部に十分な光の当たる条件でも窒素追肥によって下位節間の伸長は起こることが確認された(前山・高橋 '96, 3915)。

(13) 芒性、葯、穂

冷水処理によって、芒長は短縮するが芒の出現頻度は品種・系統により反応が異なり、穎花位置により芒の長さ、出現頻度は大きく異なった(小綿・畠山 '97, 4001)。三要素の長期連用田における葯長を測定した結果、窒素が少ない方が葯長は長くなるがリン酸とカリの影響は小さかった(立田ら '97, 4003)。気温等の環境条件、栽培条件、品種間差異が穂の維管束形成に及ぼす影響が検討された(手塚 '98, 4112)。

(14) 枝梗と穎花の分化と退化

水稻の穂における枝梗の分化と退化(荒井ら '60, 0201)、枝梗を基盤として着生する穎花の分化、着生(荒井ら '60, 0202)が調査された。穎花の着生型について、1次枝梗の基本型は5穎花着生で、2次枝梗は5穎花以上はなく、これらの結果から穎花の着生型は一定の理論式により表現できることが示された(高本ら '73, 1520)。穎花数の減少には、二次枝梗数の退化率の寄与が大きく品種間差異が認められ、寒地品種「しおかき」では幼穂形成期以前あるいは以後の温度条件が昼20℃-夜

15℃の場合穎花数が増大した。このため、今後の温暖化により穎花数の減少が現在以上に高まることが予想された(西澤 '92, 3509)。

(15) 栽植密度・植込本数

穂数型品種は株間競合が小さく穂重型品種は株間競合が大きいことから、穂数型品種は株内・株間密度の高い方が、穂重型品種は株内・株間密度の低い方が望ましいことが示された(神保ら '78, 2109)。栽植密度が慣行栽培の1/2の疎植条件においても子実収量が同等で乾物生産において慣行法を上回るイネの生産構造が検討された(手塚・高橋 '85, 2808)。穂型の異なる品種の密度反応が検討された(春原・鈴木 '85, 2812)。

1株当たりの植え込み本数の違いが1穂穎花数と登熟歩合に及ぼす影響が検討され、平均1穂穎花数は気象条件の年度差や品種の早晚差を考慮しても1株当たり苗数が少ないほど多く、1穂穎花数が多い場合2次枝梗穎花数が多く、登熟歩合は2次枝梗穎花数の多少と登熟の良否に大きく影響を受けた(沢ら '87, 3008)。

(16) 活着

畑苗は、折衷苗や水苗に比べいずれの窒素濃度においても活着は早く、移植直後は低濃度ほど分げつが多いこと(森谷・佐藤 '59, 0102)、イネ苗個体の茎葉部及び根部の呼吸量の比が1に近くバランスがとれており発根力が大きいことが報告された(大友 '60, 0212)。

紙筒苗の初期生育は、植付姿勢と苗の大きさにより影響された(寺中・杉本 '75, 1719)。

移植時のせん根が水稻の初期生育に及ぼす影響が検討され、生育への影響は完全に根を剪除した区ではみられたが、5cmに剪除した区ではほとんどみられなかった(山本・輪田 '74, 1609)。

短期育苗(育苗日数7日位で2.0葉苗)で、移植前の15℃5日間の低温処理(硬化)を行うことにより、苗が小さい場合のみ活着が良化すること、あらかじめ窒素追肥を施すことにより移植前の低温障害が軽減され活着が良化すること、初期分げつの発生数が減少することが示された(寺中・杉本 '74, 1606)。

稚苗、中苗の移植後の発根量は、葉齢、乾物重、窒素吸収量が多いほど多かったが、3.0葉前後の苗の移植で明らかに発根量が停滞した(熊野ら '76, 1809)。

稚苗の移植後の発根について、低温下と高温下の発根数および発根長に正の有意な相関関係が認

められたが、相関の程度は高くなかった。高温下では炭水化物、窒素濃度と発根に深い関係が認められたが、低温下では関係は認められなかった(樋渡 '76, 1902)。稚苗、中苗、成苗において、12-13℃以上で葉齢は直線的に伸展し、新根が発生した。断根は活着に影響し、生存率が100%となる移植期の温度は13-14℃以上であった(三本ら '73, 1510)。稚苗の活着は気温よりも水温の高低によって左右されるが、活着し生育が開始できる水温条件(活着限界水温以上)では、気温の高低も稚苗の活着に影響を与えていた(中堀ら '74, 1607)。稚、中、成苗の活着と初期生育への水温、日射の影響が畑苗と比較され、移植後30日で草丈は各苗とも低水温、多照で小さいが茎数・葉数は少照下では低水温域で増加し、それより高い水温で減少した。少照により、新根数、葉数、茎数が増加する限界水温は葉齢の小さい苗で高かった。畑苗は移植後30日の葉数・茎数が苗間で最大であるだけでなく、少照による生育の変動が最小であった。稚苗は移植後30日の茎数・葉数が苗間で最小であり、低水温域の草丈の増加率は最大であるが、分げつの発生が最もおそく、少照により更におくれた。中苗は、移植後30日の茎数・葉数は成苗、稚苗の中間であるが、移植直後の出葉は苗間で最も遅く少照によりさらにおくれた。成苗は、移植直後の出葉や分げつ発生は苗間で最も早く、移植後30日の茎数も畑苗と同程度であった。少照のときは、茎数・葉数とくに茎数は明らかに畑苗に劣った(寺中ら '76, 1909)。苗質と活着期追肥の量の違いが水稻の生育に及ぼす影響について検討され、温度条件にかかわらずN濃度の高い苗で生育停滞が小さく、活着期追肥は高温条件では苗質間の生育差を小さくするが、低温条件では初期生育促進効果が認められなかった(神保 '78, 2060)。

(17) 草型

福島県会津における水稻の草型示数(㎡当たり茎数/草丈cm)は、分げつ盛期(6月)の最高気温ならびに最低気温と密接な負の相関関係があり、低温で短稈多げつ型の生育相を示した(阿部 '83, 2607)。福島県中通平坦部(郡山市)では、分げつ盛期の6月中・下旬における最高・最低気温の高低が草型示数に強く反映した(阿部 '84, 2711)。分げつ期の草型が出穂ならびに収量構成要素に及ぼす影響について検討された(阿部・荒川 '85, 2811)。品種では草型示数(最高分げつ期、㎡当たり茎数/草丈)と草型指数(平均1穂穎数/穂数×100)と

の間に負の相関関係が認められ、品種の草型をこれら2つの指標で区分することができた(阿部 '87, 3007)。

(18) 籾数、収量

m²当たり籾数と収量は放物線上に並び、千籾当たり収量との間に高い有意な負の相関関係が認められた(高橋ら '69, 1103)。籾数-収量曲線と、籾数による倒伏限界に明らかな品種間差が認められた(千葉ら '70, 1211)。青森県において登熟歩合85%以上を得るための地帯別適正籾数が明らかにされた(小野ら '73, 1521)。

保温折衷苗代では、水苗代に比べ1次、2次分げつの発生数が多く1次、2次の各1号分げつが多数有効化し有効茎歩合に差がなく穂数が多かったことが最大の増収要因であった(荒井ら '59, 0101)。各分げつの上位三葉の葉面積と1穂重との間に高い正の相関関係が認められ、各分げつの葉数とそれらの上位三葉の葉面積の間に高い正の相関関係が認められた(竹島 '71, 1301)。連続的な分げつの切除による茎数制限によって出穂期と成熟期が早まり、生葉数が増し、上位の葉身長ならびに穂長が長くなるが、下位節間が短縮し稈長は短くなった。さらに、1穂あたりの1次枝梗数、2次枝梗数ならびに籾数が多くなり千粒重が重くなり1穂あたりの穂重が重くなった(三本ら '71, 1313)。中苗において生産能力の高い分げつは第4～6号1次分げつで、稚苗に比べ1～2節高いことが示された(及川・鶴田 '76, 1919)。1株籾数が極大となる茎数の存在が示唆され、初期分げつの確保が必ずしも収量の向上につながらないことが示唆された(後藤・星川 '86, 2905)。

株播ポット用育苗箱(株苗)と、中成苗用育苗箱(バラ苗)で育苗した水稻の移植期以降収穫期までの生育特性および収量性について調査され、株苗区はバラ苗区に比べ初期生育は明らかに大きいものの最高分げつ期以降差は認められず、穂数は多いものの、登熟歩合、千粒重が小さかったことから両区の精玄米収量に差は認められなかった(黒田ら '92, 3505)。

稚苗移植栽培における欠株率と減収との関係が報告され、欠株率は減収率を2%以内とするためにはフジミノリでは9%、ササニシキでは5%以内、減収率を約5%以内とするためには13%以内にする必要があった(及川・佐藤 '69, 1101)。

(19) 品質・食味

葉身の切除によって玄米タンパク含有率が低下

し、枝梗切除や抜穂などの着粒制限によってタンパク含有率が増加した(本庄 '73, 1528)。深層追肥は全量基肥に比べ出穂の幅が広く、早く出穂した穂ほど整粒歩合が高く死米歩合は低いことが示された(吉原・高城 '73, 1525)。あきたこまちの中苗の移植栽培では、第4～7節1次分げつが他の分げつに比べ1穂精玄米重、整粒歩合が高く、精米タンパク質含有率が低い傾向にあった(金ら '03, 4619)。この要因を検討するため、群落空間における主茎や次位・節位別分げつの葉面積および単位面積当たり葉身窒素量の垂直分布が検討された(金ら '04, 4705)。稚苗の移植栽培では、主茎と第3～6節1次分げつが他の分げつに比べ分げつの発生頻度、穂への有効化率が安定して高く、1穂精玄米重が重く、玄米タンパク質含有率が同等か低く、整粒歩合が高い傾向にあった(柴田ら '05, 4834)。

(20) 多収

多収稲は、8月10日前後に出穂したものが大部分で、出穂までの生育絶対量が多く、刈取りまでの登熟期間が50～60日と長いことが示された(石山ら '69, 1109)。会津における銘柄品種の多収事例が解析され、ササニシキで多収を得るためには活着限界温度よりも高い温度での移植、密植、m²当たり600本以上の穂数の確保が必要であった(小林ら '81, 2433)。高収量水準における穂数と1穂籾数の役割が検討された(川嶋 '81, 2431)。平年時に700kg/10a以上の収量を記録している多収農家のイネは、最高分げつ期が穂首分化期～幼穂形成期に対応し、有効茎歩合が高く、穂首分化期～穂揃期の窒素吸収量が全吸収量の50%弱と最も多かった(本田・関 '95, 3807)。

(21) 生育ステージの把握

主稈葉位が偶数葉か奇数葉かを胚の内部に見られる種子根の出現方向から判定する方法が極めて実用的であることが示された(三本・山崎 '70, 1215)。稚苗機械移植において、田植えの時期にかかわらず幼穂形成期は、葉齢指数で85%内外であり年次や田植時期の違いによる変動はなかった(大沼ら '72, 1405)。畑苗では、株の穂首分化期は主稈の第1次枝梗始原体分化初期と一致することから、徒手切断で簡便的に切片を作成し検鏡してこれを確認することにより診断できた(山崎ら '74, 1614)。この方法は、稚苗、中苗においても成苗と同様に診断できることが示された(山崎ら '75, 1704)。

(22) 生育予測・診断

穂首節出現時の籾殻面積を千粒当たりで表現し指標化することにより出穂直後の早期に玄米千粒重を予測することが可能と考えられた(高田ら '73, 1518). 穂揃い期, 成熟期の葉色と穂体の窒素含有率との間に有意な正の相関が, 穂孕期の葉色と穂揃期, 成熟期の茎葉の窒素含有率との間に正の相関が, 減数分裂期の葉色と1穂粒数との間に正の相関関係が認められた(金ら '99, 4228).

(23) 調査方法

畦間中央部に設置した人工光を用い, 光源の真下で可視光のみを指示する照度計によって測定することにより葉身以外の器官による遮光の影響を受けず安定して吸光係数Kを得ることができた(村上ら '71, 1338). 日射量を日照時間で代用することの当否が検証され, 日射量と日照時間の間に, 日照時間0の近傍を除けば極めて緊密な直線回帰関係が認められた(西沢・神田 '84, 2734). 一定条件の暗黒処理を施し, 乾物重の減少程度を測定することで呼吸量の多少を比較できるのではとの発想から風乾重減少率の測定方法を確立し温度, 品種, 苗種による差異が検討された(高館ら '84, 2708).

葉長×葉巾の値の測定は, 葉面積との間に高い相関が認められることから植物体を損傷することなく葉面積を追跡調査する場合に有効であった(森・村山 '78, 2138). 三次元デジタイザを用いて, 葉の配置を計測し品種間差異を数値的に検討することが可能であった(今泉・岡 '00, 4329). 登熟期の光合成に重要な止葉の形が二次元デジタイザで計測され, 品種間比較が行われた(岡ら '01, 4430).

リンゴ酸脱水素酵素の活性は, 根の還元抵抗性の指標として使用できた(阿部ら '93, 3620). Rbトレーサー法による品種間の根の機能の推定は誤りをもたらす可能性があることが指摘された(杉山ら '96, 3914).

穂発芽性検定試験の検定期が検討され, 出穂後の積算気温800℃で穂を採取し直ちに発芽試験を行い置床後7日目に穂発芽の難易を検定することが提案された(上林ら '73, 1501).

成熟期の玄米千粒重の推定方法が検討された(菊地ら '69, 1110). 機械移植水稻の収量調査および分解調査方法が検討された(遠藤・佐々木 '79, 2217).

水稻の節間伸長のホルモン生理的な研究におい

て均一な生育ステージの材料を得るための栽培管理法ならびに材料選択法を検討し試験法が確立された(高橋ら '84, 2715). 硬質組織と軟質組織が混在するイネ, ダイズなどの組織片のパラフィン切片作成法が開発され, 開発した二重軟化処理により, 通常のパラフィン法では切片作成が難しい材料で, ミクロトミング中にほとんどの組織が破壊されず静電気を生ずることなく厚さ3~7μmの連続切片を簡単に作成することができた(中村 '85, 2857).

(24) 晩植

3.0~4.8葉程度の葉齢の差であっても, 苗の葉齢の大きな水稻は葉齢が相対的に多く推移し, 出穂が早まり, 晩植においては収量が安定的であった(金ら '78, 2001).

水稻育苗において何らかの障害により播直しが必要になった場合の対策のため, 晩播して育苗した苗の育苗日数の違いが水稻生育に及ぼす影響について検討された. 晩播した場合の苗質は, 15日, 20日の育苗で対照区と差が無く, 移植期がおくれるほど初期生育は劣ったが, 穂数は増加し1穂粒数が減少したためm²当たり粒数は大差がなく, 600kg/10a台の収量が得られた. 早稲種に比べ晩生種で出穂安全晩限をはずれ千粒当収量が低下した(関ら '78, 2061). 晩播して育苗した苗では, 移植期が遅れるほど有効茎歩合は向上し出穂期は遅延したが, 早稲種では出穂が斉一化し中晩生種では長期化する傾向にあった. また, 移植がおくれるほど稈長は伸長し穂長は短穂化し, 1次枝梗, 粒数は早稲種で大差なく中晩生種で減少し, 2次枝梗数および粒数は早稲種で減少し中晩生種で増加し, 下位節間の伸長が著しかった(関ら '78, 2062).

(25) 青刈り

幼穂形成期に全葉身剪除あるいは30cm刈りで無処理と同等かそれ以上の収量が得られ, 特に低刈りの場合芒の発生頻度が高まり剪除後2~4日後にジベレリンが急増した(高橋・佐藤 '78, 2017).

水稻の飼料化を目的とする青刈りで, 幼穂が刈り取られるようになる幼穂形成期を中心に時期を追って青刈りし, 青刈り時期と高さが再生に及ぼす影響が調査された(後藤ら '81, 2411). ササニシキとアキヒカリの2品種を用い, 幼穂形成期を中心に時期を追って青刈りし, その後の再生と再生株の玄米収量が調査された(後藤・佐藤 '81, 2412).

(26) 生育調節物質

主稈の葉耳間長 + 5 cm前後におけるジベレリンの散布が水稻生育に及ぼす影響が検討された (八柳ら '61, 0303). ジベレリン酸 (GA) 処理濃度が収量構成要素に及ぼす影響が検討された (高橋ら '72, 1419). 植物生長調整物質 (GA3, 2・4-D, IAA, NAA) の投与が水稻の生育に及ぼす影響が検討された (久保・佐々木 '73, 1505). GA処理による玄米窒素含量並びに登熟の低下がアミノ酸, 核酸等を併せ処理することによって軽減された (原田・中山 '75, 1707). RH531の葉面散布により, 処理後4~6日頃より草丈の抑制効果が認められ, 持続期間は処理後3枚の葉身が展開するまでで, 草丈増加の停滞とともに葉齢および茎数の増加がみられた (高橋 '76, 1810). 穂首分化前の7月7日から1週間のGA処理によって低温による不稔が著しく減少することが示された (高橋・佐藤 '78, 2140). 葉位別ジベレリン含量に及ぼす温度の影響が検討された (佐藤・高橋 '80, 2306). 生育初期の処理で, BAはイネの分げつ促進と草丈の短縮に, GA3は節間伸長に効果が認められた (阿部 '88, 3124).

(27) シュガリー変異水稻

透過電子顕微鏡により, 水稻のシュガリー変異系統の胚乳内の多糖類蓄積領域に動物細胞のグリコーゲン顆粒に類似した顆粒が確認された (島宗ら '95, 3840). その胚細胞中の多糖類の構造は顆粒状, 海綿状, 不定形の3種類に分類された (松田ら '95, 3841). シュガリー変異系統は, 中心部から周辺部にかけて胚乳全体に植物グリコーゲンを蓄積するタイプと, 中心部から中間部にかけて植物グリコーゲンを蓄積し中間部から周辺部にデンプンを蓄積するタイプが認められた (田中ら '99, 4226).

(28) その他

部分雄性不稔稲に出現する巨大な多核小胞子合体の形態が報告された (渋谷 '68, 1008).

宮城, 山形両県において稲の生態的特徴ならびに栄養条件の比較解析が行われ, 草丈・稈長は山形は葉齢指数70前後からの伸びが緩慢で稈長が短くなるのに対し宮城はその頃からの伸びがいちじるしく稈長が長くなった. 茎数は葉齢指数でみると両県に差はみられず, 乾物は山形は宮城に比べ初期に劣っているが葉齢指数90ぐらいから急激な増加を示した (高橋ら '72, 1413).

葉身と枝梗においては同化組織の分布比率が高

く, 同化細胞は有腕状の発達した形態を示すが, 葉鞘, 穂軸および稈においては同化組織の分布比率が低く, 同化細胞の有腕状の形態も未発達であった (長南・田代 '72, 1414).

融雪剤 (CaCl₂) の施用が水稻の生育に及ぼす影響について検討された (柿崎 '91, 3432).

4. 登 熟

(1) 気象環境

出穂前の遮光によって, 茎葉中の貯蔵炭水化物が減少し茎部の可溶性窒素含有率が高くなり初期登熟の停滞がみられた (梅津ら 1984). 登熟期の遮光処理によって登熟歩合, 玄米千粒重, 千粒当たり収量が低下し, 玄米形質では完全粒数歩合を除きその他の形質は低下することが報告された (斎藤 '87, 3019). 出穂後の少照条件下で, 登熟, 収量および品質の低下しにくい品種は1穂粒数, 全枝梗数, 2次枝梗数が少ない傾向にあった (上林ら '87, 3020). 水稻の登熟期における遮光が登熟速度, 登熟期間および収穫時の玄米千粒重に及ぼす影響がシグモイド曲線を用いて解析された (工藤・佐藤 '96, 3920).

気温は, 光合成産物の穎花への転入・配分・蓄積を左右する要因として重視する必要があることが示された (福重 '68, 1007). 作期による登熟の相違は, 積算気温や日数の方法に比べ, 階層別有効積算気温による方法でよりよく解釈できることが報告された (村上・和田 '72, 1410). 登熟期における温度の影響が検討され, 出穂後40日間の日平均で17°Cでも良好な登熟が見られ, 高温では初期粒大が早いものの停滞が早く, 軽い粃の比率が高かった (高橋ら '78, 2107). 登熟期の温度が登熟および品質に及ぼす影響について検討され, 玄米の長さは登熟初期に高温の場合短く, 低温で異常伸長し胴切米が発生した. 高温では粒厚はあるものの長さが短くなり千粒重が低下した. 玄米の色は登熟期間全体に高温で経過すると透明度が低下し, 粒の光沢も劣った. 低温で経過すると玄米の色が濃くなった. 完全粒の割合は高温条件で低下し, 特に全期間高温では背白粒が多発した (高橋ら '79, 2213).

分げつ後期から出穂期の間で窒素追肥時期を変えたポット栽培のササニシキ, レイメイについて出穂後40日間の気温および日射の複合環境が登熟に及ぼす影響が検討された (寺中・吉田 '78, 2040). 登熟期の遮光によって最大限に粒重が増加可能な

値が小さくなり、低温によって粒重増加速度が小さくなった。二次枝梗着生粒は一次枝梗着生粒に比べ気象条件に影響されやすく、特に遮光によって最終粒重が変動した。穂上着生位置によって粒重増加に違いがみられ、穂の上位が下位に比べ優先的に粒重が増加し、下位の方に低温や遮光の影響が顕著にあらわれた(門間ら '93, 3615)。

(2) 登熟態勢、枝梗

気象条件がどんなに良好であっても登熟歩合が100%となることのない理由について検討され、秕と見られる籾でも受粉・受精したものがあることが明らかとなった(川島ら '96, 3916)。

1 穂粒数の増加は、米粒の成熟のより遅いものの増加を意味し、2次枝梗粒の増加はその傾向をより強くした(吉原ら '73, 1526)。1 次枝梗粒に比べ2次枝梗粒は米粒の仕上がりが著しく遅く、かつ劣化が早く品質は不安定であった(吉原ら '74, 1615)。乾物重増加速度は、上位枝梗着生穎花、なかでも先端穎花は大きい早期に生長を停止し、他の穎花を除去して同化物競合の相手を取り去っても穂上位置によって異なっていた(星川ら '84, 2723)。

登熟態勢(葉面積、1 穂籾数)の品種間差異が穂重の増加曲線に及ぼす影響が検討され、葉面積当り籾数の大きな品種は穂重の最終値は大きいが増加速度は小さく登熟に長期間を有することが示された(工藤 '90, 3334)。2 次枝梗着生籾の多少は、1 穂籾数や粒着密度と正の相関関係にあり、上米割合と負の相関関係にあった(工藤 '91, 3442)。草型および登熟態勢の異なる水稻品種の窒素施与量に対する反応が検討された(工藤ら '92, 3516)。生育時期別の追肥が草型の異なる水稻品種の収量構成要素に及ぼす影響について調査された(工藤・谷屋 '93, 3621)。1 穂籾数の違う品種においてせん葉や枝梗切除の影響が検討され、2 次枝梗着生籾の割合が高く、1 穂籾数の多い方がおとめはせん葉の影響を受けやすく2 次枝梗着生籾肥大抑制により登熟歩合が極端に低下した(工藤ら '97, 4007)。

(3) 刈り取り適期

刈取期は、完全米歩合の急増期から漸増期が良く、出穂後の積算気温で決定することが妥当であった。完全米歩合の増加は、最高気温30-32℃頃が適温で、最高気温32℃以上、最低気温12℃以下で停止した(吉田ら '65, 0702)。水稻の刈り取り適期を判定するために、出穂期がほぼ等しいひとめ

ぼれとササニシキについて単粒水分の推移が調べられた(本馬・荒川 '93, 3611)。

(4) シンク・炭水化物

水稻の登熟期における光合成産物の転流が¹⁴Cトレーサー法により追跡調査された(佐々木ら '68, 1008)。kinetin, GAおよびリン酸の施肥量の差異が葉身中の葉緑素、籾中の酵素活性、ならびに籾中に集積される澱粉のヨウ素呈色度の変化に及ぼす影響が調査された(手塚 '81, 2432)。

山形県で昭和56年に作況指数が92の不良で品質が低下した要因が解析され、出穂期の貯蔵炭水化物の不足が登熟歩合の低下、屑米の増加、さらには収量、品質を低下させる主要因と考えられた(神保ら '82, 2517)。

水稻の品種・系統についてその収量性とシンクサイズおよび登熟性との関係が検討され、安定した多収性を示す品種はシンクサイズが大きく登熟性がすぐれているものと考えられた(小林ら '85, 2819)。

イネ穎花の乾物重の増加は穎花内にプールされている糖の濃度と有意な相関はなく潜在的なシンク強度によるものと考えられた(中村ら '88, 3116)。

水稻子房の珠心表皮の基礎的特徴を明らかにするため、珠心表皮が転送機能を発揮してから退化するまでの細胞構造と周辺組織の構造変化が経時的に観察された(荻原ら '03, 4628)。

(5) 品 種

岩手県北部において品種及び苗質の違いが登熟に及ぼす影響が検討された(石川 '78, 2039)。20世紀後半に育成された品種は、それ以前の品種に比べ多肥によりシンクサイズよりもソーズ能が改善され、それにより2次枝梗着生籾に蓄積した光合成産物の量が多くなり登熟歩合が向上することによって収量が増加した(張ら '03, 4626)。

(6) 玄米の貯蔵性

玄米の貯蔵中における湿度(渡辺ら '71, 1333)や温度(渡辺ら '82, 2507)の差が、脂肪酸の生成量と発芽性に及ぼす影響について検討された。

5. 障 害

(1) 低温障害

低温によるクロロシスは15℃で発現し、特に昼温の低下が重要と考えられた。日本イネは低温クロロシス抵抗性が高く、低温クロロシスはアジアの野生イネで生じ易いがアフリカの栽培イネとその野生イネでは生じなかった(高橋・貝守 '78,

2018). イネの低温クロロシス発現は、低温によりクロロフィル前駆物質の形成阻害が原因となる場合と、低温下で強光によりクロロフィル形成が阻害されて起こる場合のあることが推定された(高橋・貝守 '78, 2019). 低温クロロシス発現の要因として低温・強光下でクロロフィルの光による分解があげられた(貝守・高橋 '79, 2219). イネの低温クロロシス感受性品種のクロロシス発現の原因となる部位が明らかにされ、地上部基部が低温クロロシス発現に重要な部位であり、葉身生長の初期に低温のストレスを受けることに原因するものと推定された。また、低温から高温へ移行したのち正常葉を新たに抽出する過程と高温から低温へ移行した場合のクロロシスの発現過程との間に約1葉の差が認められ高温の効果に比べ低温の前歴効果がより長く持続することが推定された(貝守・高橋 '79, 2220). 低温のクロロフィル前駆物質形成阻害によるクロロシス発現は、デンプンの蓄積とは関係がなく、低温下でクロロプラスト内に澱粉が蓄積し、これとともに褪色が起こる場合は、根が冷却されることに帰因し、かつ強光下でその傾向は著しいことが報告された(貝守・高橋 '80, 2307).

低温育苗時の葉身の褪色に関わる光量の品種間差異が検討され、葉身の褪色程度でみた水稻稚苗の低温下の少照耐性の品種間差異はクロロシス発現の始まる最大照度を指標として比較できることが示され、日本品種は低温下において光量の変動に対する安定性が優れていることが示された(寺中・近藤 '81, 2402). また、15℃2週間の1～2葉期低温処理により、インド型は日本型よりクロロシス、褪色は大きかった。1葉期処理の1葉、2葉で弱光条件で強光条件よりも褪色が大きい場合があった。1葉期処理の3葉、2葉期処理の2、3葉では弱光条件で強光条件よりも褪色が同じか小さかった(寺中ら '89, 3217).

稚苗育苗期間中の5～-5℃、1～4時間処理によって葉身の白点症状が観察された。処理葉齢で1.0葉期ではみられず、1.8、2.3葉期で発生し、0℃以下の温度では低くなるにしたがい1時間より2時間処理で白点発生頻度は大きくなった。育苗温度では35-25℃、25-35℃で発生が多く35-15℃で少なかった。白点発生には処理前の草丈、乾物重は影響せず、胚乳残存率と関係が認められ、1.8葉期では胚乳残存率が多いほど白点発生頻度が小さかった(寺中・高島 '72, 1404).

苗代期異常気象により凍霜害や立枯れ性腐敗などで下葉枯れなどの被害を受けた苗は、枯葉からの分けつ発生はほとんど無く、高節位からの分けつ発生が多くなるため、穂数が減じ収量がやや低下した(千葉ら '73, 1515).

(2) 高温障害

稔実期間の高温が水稻各部の炭水化物、および窒素の消長に及ぼす影響が呼吸作用との関連で検討された(佐藤・稲葉 '72, 1412). 高温による不完全登熟粒(腹白、心白、乳白、背白、基白米)の胚乳構造が走査電子顕微鏡で観察され、各試料に、異常な形態のアミロプラストやデンプン粒の表面に皺が生じた構造が認められた(服部ら '03, 4615).

(3) 少照被害

東北新幹線の高架橋による日陰が水稻の生育、収量に及ぼす影響について、主として生育解析法により調査、検討された(本庄 '85, 2832).

(4) 台風被害

青森県での台風による白穂、収量や米の品質低下等の被害が報告され、褐変籾が多いほど着色米が多かった(小野 '72, 1409). 岩手県での出穂直後の台風被害が報告され、出穂期前3日～出穂後10日範囲に風害を受けた場合の風害減収推定尺度が変色程度別籾数歩合から作成された(日野ら '82, 2512). 台風による褐変籾の発生が収量・品質に及ぼした影響が報告された(高城ら '82, 2514, 千葉ら '82, 2515). 風洞実験装置を用いて、減数分裂期、出穂期、乳熟期の時期別強風処理の影響が調査された(佐々木・畠山 '84, 2726). 出穂期の水稻において、1日のうち強風を受ける時間帯が被害程度に及ぼす影響について検討された(佐々木・新岡 '85, 2831).

(5) 地震被害

新潟地震によって、水田の沈下、隆起、亀裂、土砂の湧出、震動攪拌が生じた。倒伏した稲は引き起こしや、泥の除去により収量低下が緩和された(佐藤 '65, 0701). 昭和58年5月26日に発生した日本海中部地震による水稻の被害状況がまとめられた(千葉・山口 '83, 2636). 日本海中部地震の水稻への被害状況と生育、収量が検討された(京谷ら '84, 2725).

(6) 冠水被害

出穂期における冠水害の事例が紹介された(三浦・平野 '82, 2516). 穂ばらみ期の冠水が生態と収量に及ぼす影響が報告された(小林ら '87, 3018).

(7) 倒伏被害

倒伏とそれに関与する形質の関係が検討された(木根淵・原城 '65, 0709). 山形県農業試験場内圃場における倒伏稲について解析した結果, 最高分げつ期の生育量と倒伏の関係が認められ, 品種による特徴も検知することができた(大沼 '71, 1327). 6月30日(10葉期)における草丈, 茎数で倒伏の予測が可能で, 穂首分化期の窒素追肥で倒伏程度が予測値よりも増加する場合があります, 倒伏の予測には稲体窒素濃度も加味する必要があることが示された(神保 '80, 2316). 昭和58年に山形市で発生した, 稈長が短いにもかかわらず倒伏程度が大きい水稻の倒伏の要因について検討され, 稈長75~80cmの稲では茎の細胞膜構成物質の多少により倒伏程度が異なることが示された(神保ら '84, 2718). 倒伏抵抗性の強弱程度は, 茎の太さ, 扁平率および各節間長が茎の全長に占める比率と関係が認められた(星川・王 '87, 3022). 倒伏抵抗性と稈の乾物重および炭水化物含量との関係が検討され(王・星川 '88, 3115), 節間の倒伏抵抗性にとって, 機械物質含量(セルロースやヘミセルロース)が炭水化物含量より重要であることが示され(王・星川 '89, 3212), 第4節間の特定部位で挫折しやすい要因として, 急に節間が細く扁平率が高くなること, また葉鞘が薄くその補強作用が低くなること, さらに茎の乾物重と硬度が最も低いことが推察された(王・星川 '90, 3305).

(8) 穂発芽被害

長雨による無倒伏での穂発芽が調査され, 肩張り程度の発芽粒は, 整粒歩合において無発芽粒と同一に取り扱うことができ, 穂発芽には品種間差が認められた(山崎・大沼 '65, 0703). 1994年の宮城県における倒伏と水稻穂発芽被害および品種

間差異が報告された(水多ら '95, 3825).

(9) 黒点症状米(くさび米)

黒点症状米発生率の品種間差が報告された(柴田・佐藤 '03, 4623). 登熟期間の気象と水管理の違いが黒点症状米の発生に及ぼす影響について検討され, 黒点症状米は高温条件で節水により発生が助長された(金田ら '04, 4707).

(10) その他

水稻の生育収量に及ぼす根部硫化水素処理の影響が検討された(八柳ら '61, 0302). 鉍毒水が水稻の生育に及ぼす影響が報告され, 石灰によって土壌の酸性を矯正し, かつ堆肥を施用することが極めて有効であることが示された(佐々木・工藤 '70, 1217). フェノキシ系除草剤の生育への影響が報告された(山崎ら '78, 2133). 水稻に対する土壌中の有害Alとしては, 強酸性淡色黒ボク土ではP-Alは選択的にしかも不可逆的に土壌に吸着することから, M-Alの方が重要であることが示された(三枝ら '91, 3431). フェーン被害屑米のアミロプラストの構造が報告された(松田ら '01, 4435). 糯における双胚米発生実態が報告された(仲條ら '05, 4831).

6. 雑 草

青森県における新旧品種間における草型の変化がノビエの生育に及ぼす影響が検討され, 品種間に草丈で有意な差が有り, 草丈と地際への光の透過率との間に負の相関があったが, 水稻品種の違いによってヒエの抑制程度に差は無かった(藤田ら '97, 4020). 水稻の群落構造の差異がノビエの生育に及ぼす影響が検討され, ノビエの生育は水稻群落を透過してくる光の量に影響された(藤田・杉山 '98, 4110).