

氏名	内田良太
学位(専攻分野の名称)	博士(農学)
学位記番号	甲第679号
学位授与の日付	平成26年3月21日
学位論文題目	苗立ち密度および有効分げつ数の相違が点播直播水稻の高位分げつ出現に及ぼす影響
論文審査委員	主査 教授・博士(農学) 玉井 富士雄 教授・農学博士 池田 良一 教授・博士(農学) 名越 時秀

論文内容の要旨

稲作の大規模化、効率化および低コスト・省力化の対応技術の一つとして直播栽培が挙げられる。直播栽培は、乾田直播と湛水直播に大きく分けられ、作付面積は湛水直播の方が大きく、今後も湛水直播の拡大が考えられる。湛水直播の播種様式は、散播、条播および点播に分類されるが、これらの播種様式間には倒伏程度に差異が認められており、耐倒伏性が高い点播栽培は湛水直播における栽培の安定化に有効である。また、点播機による点播栽培面積は増加しており、今後も点播栽培の拡大が期待されている。ところで、湛水直播は出芽、苗立ちを安定させ、苗立ち密度を確保することが栽培上重要である。直播栽培の一般的な苗立ち密度は100本/m²程度であり、苗立ち密度の変動が生じた場合、減収と品質低下が発生する。これらのことから、播種様式に拘わらず、湛水直播における苗立ち密度の低下は減収や品質低下を避け難いと考えられる。

ところで、近年、乾田直播における低苗立ち密度および湛水直播の散播栽培における低苗立ち密度で、高位分げつの出現が認められている。出現要因は、無効茎が極端に少ないことや単位面積当たりの最高分げつ数および有効茎が少なく、分げつ1本当当たりの窒素や炭水化物蓄積量が多いことによると考えられている。このことから、苗立ち密度が低下し、単位面積当たりの有効茎が少ない場合には、高位分げつの出現は散播栽培のみならず、点播栽培および条播栽培でも起こり得ると考えられる。

高位分げつは、何を指標にして、どの節位から上の分げつを指すのか定義は曖昧だが、本研究では水稻の地上部伸長茎部から出現する分げつを高位分げつとした。高位分げつは生殖成長期に形成される分げつである。子実は、種籾の生産や収量増加のような有益な点はなく、玄米外観品質を低下させるため、出現を抑制する必要がある。

しかしながら、圃場栽培における高位分げつの出現を検討した研究はこれまで見られない。そこで本論文では、今後、普及の拡大が考えられる点播直播水稻において、苗立ち密度および有効分げつ数の相違と高位分げつ出現との関係を検討した。

第2章. 第1節 湛水直播水稻の播種様式と高位分げつ出現との関係

播種様式と高位分げつ出現との関係を検討した。その結果、高位分げつは、いずれの播種様式においても出現し、その出現率は条播区、点播区、散播区の順に高かった。有効茎数は、散播区、点播区、条播区の順に多かった。結果、単位面積当たりの有効茎数と高位分げつの出現率との間には有意な負の相関が認められた。このことから、単位面積当たりの有効茎数が少ない状態で穂肥を施用したため、母茎の茎葉中のデンプンや窒素等が多くなり、高位分げつが出現したと考えられる。また、播種様式間で高位分げつの出現率が異なったのは、それぞれの水稲群落の構造によって有効茎数が異なったことに起因すると考えられた。すなわち、散播は個体間距離が大きく競合が小さいため、有効茎数が多くなる。その結果、単位面積当たりの有効茎が多い散播では、有効茎1本当当たりの窒素、デンプンが少ないため高位分げつの出現率が低かったと考えられた。しかし、点播は株内の個体間競合が、条播は株間競合がそれぞれ生じ、有効茎数が少なくなる。その結果、単位面積当たりの有効茎が少ない点播と条播では、有効茎1本当当たりの窒素、デンプンが豊富になり、高位分げつの出現率が高かったと考えられた。

高位分げつの殆どがbT4およびbT3であった。また、高位分げつの葉数は、播種様式や苗立ち密度に関係なく殆どが2枚か3枚であった。分げつは、出現後本葉3枚

抽出頃まで、生育に必要な栄養を母茎に仰ぐことから、高位分げつはデンプンや窒素供給を母茎に依存していると考えられた。また、3枚の葉を持つ高位分げつは出現から収穫までの期間が長かったことから、2枚の葉を持つ高位分げつより窒素やデンプン供給を母茎に依存していることが推察された。

これらのことから、単位面積当たりの有効茎数が少ないと高位分げつの出現率が高くなることが明らかとなった。また、播種様式間では、個体間競合の小さい散播は高位分げつの出現率が低く、個体間競合の大きい点播および条播は高位分げつの出現率が高いことが明らかとなった。

第2章 第2節 高位分げつの有無と通常分げつの収量関連形質との関係

母茎（高位分げつが出現した分げつ）の収量関連形質と高位分げつが出現しなかった分げつの収量関連形質の比較および母茎の収量関連形質と高位分げつの収量関連形質との関係を検討した。母茎の方が1穂粒数、1穂玄米重および登熟歩合が有意に大きかった。また、母茎と高位分げつが出現しなかった分げつはいずれも1穂玄米重と1穂粒数並びに1穂玄米重と登熟歩合との間に有意な正の相関が認められた。穂の生産力の高い分げつは、出穂期前の蓄積炭水化物が豊富で、1穂粒数が多く、登熟歩合の高い分げつは炭水化物生産量が多いことから、母茎は、高位分げつが出現しなかった分げつに比べ、出穂期前の蓄積炭水化物が豊富であり、かつ出穂後の炭水化物の生産量が多いと考えられた。母茎の収量関連形質は、bT4の母茎の方がbT3の母茎より大きく、高位分げつの収量関連形質も、より下位節のbT4の方がbT3より大きかった。高位分げつは、母茎からの同化産物供給に依存しているため、母茎の収量関連形質が大きいほど、高位分げつの収量関連形質も大きいと考えられた。

第3章 苗立ち密度と点播直播水稻の高位分げつ出現との関係

低苗立ち密度（50本/m²）および適正な苗立ち密度（100本/m²）に、それぞれ異なる1株苗立ち数および株密度を組み合わせ、苗立ち密度と高位分げつ出現との関係を検討した。その結果、苗立ち密度によって通常分げつ数の増加速度が異なり、適正な苗立ち密度の方が、通常分げつ数の増加速度が速く茎数の増加が旺盛で、最高分げつ期も早く、単位面積当たりの有効茎数も多かった。また生育期間を通じて、適正な苗立ち密度の方が葉色値が低かった。

高位分げつが確認された株数は低苗立ち密度の方が多く、高位分げつの出現率も低苗立ち密度の方が高かった。また、単位面積当たりの通常分げつが少ないほど高位分げつの出現率が高く、出穂前の通常分げつの葉色値が高いほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

これらの結果から、適正な苗立ち密度では、単位面積当たりの通常分げつ数が多く、有効茎1本当たりの窒素と同化産物蓄積量が少ないため、高位分げつの出現率は低くなると考えられた。しかし、低苗立ち密度では、単位面積当たりの有効茎数が少なく、有効茎1本当たりの窒素濃度が高く光合成能力も高まることで同化産物量も多くなり、高位分げつの出現率が高くなると考えられた。また、低苗立ち密度では、1株苗立ち数および株間の差異が高位分げつの出現に及ぼす影響は認められなかった。しかし適正な苗立ち密度では、1株苗立ち数を多くし、株密度を小さくする方が高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

第4章 深水処理による通常分げつの抑制時期および抑制期間と点播直播水稻の高位分げつ出現との関係

第2章および第3章の結果から、通常分げつの抑制が高位分げつ出現と関係があると考え、深水処理による通常分げつの抑制と高位分げつ出現との関係を検討した。深水処理によって通常分げつは抑制され、処理期間が長い方が、また処理時期が早い方が通常分げつ数は少なかった。深水処理によって高位分げつの出現率は高くなり、処理期間が長い方が、また処理時期が早い方が高位分げつの出現率は高かった。さらに、単位面積当たりの最高茎数および有効茎数が少ないほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

これらの結果から、深水処理によって生育初期から通常分げつが抑制された場合、単位面積当たりの有効茎数が少なくなり、有効茎1本当たりの窒素と光合成産物が豊富になるため、高位分げつの出現率が高くなると考えられた。しかし、深水処理時期が遅い場合は、処理開始時に既に通常分げつが出現しており、それらの分げつが自身の生長を優先し養分を使うため、高位分げつの出現率が低くなると考えられた。

第5章 出穂前の茎葉中の全窒素含有量および非構造性炭水化物（NSC）含有量と高位分げつの出現との関係

本試験では、低苗立ち密度の方が適正な苗立ち密度より、また、深水処理をした方が無処理より、さらに穂肥を施肥した方が穂肥を施肥しないより高位分げつの出現

率が高かった。また、単位面積当たりの有効茎数が少ないほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。高位分げつの殆どは主稈から出現し、通常分げつの節位が上がるに従い高位分げつの出現は少なかった。また、出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量および NSC 含有量と高位分げつの出現率との関係を見ると、出穂 26~21 日前、出穂 13~8 日前および出穂 32 日後のいずれの時期においても、葉鞘・稈の全窒素含有量と NSC 含有量が多いほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

これらの結果から、通常分げつが抑制され、単位面積当たり有効茎数が少ないと、有効茎 1 本当たりの全窒素含有量および NSC 含有量に余裕が生じ、穂肥によって出穂期前の全窒素含有量および NSC 含有量が多くなると、高位分げつの出現率が高くなることが推察された。

第 6 章. 総 括

以上の試験の結果から、点播直播水稻における高位分げつの出現は、低苗立ち密度になることで通常分げつ数の増加速度が遅くなり、単位面積当たりの有効茎数が少ないことが原因と考えられた。すなわち、苗立ち密度が確保できなかった場合は、追肥によって生育初期の通常分げつの出現を旺盛にして、単位面積当たり通常分げつ数を確保することで、有効茎 1 本当たりの養分蓄積量を抑え、高位分げつの出現を抑制できると推察した。

また、第 3 章および第 5 章の結果から、単位面積当たりの有効茎数が少ない状態で、出穂 16~14 日前に穂肥

を施用すると高位分げつの出現率が高まると考えられた。しかし一方で、通常分げつが抑制された場合でも、幼穂分化期直前（出穂 36 日前）の窒素追肥であれば、2 次以上の分げつを出現させ、高位分げつの出現を抑制することができるとの報告もある。しかし、幼穂分化期直前に通常分げつが抑制されていること、すなわち単位面積当たりの通常分げつが不足していることを判断するのは難しく、幼穂分化期直前よりも早い時期に茎数から判断する必要があると考えられる。そこで、これまでの試験の出穂 52~46 日前の茎数および出穂 44~37 日前の茎数と高位分げつの出現率との関係を見た。出穂 52~46 日前では、単位面積当たりの茎数が約 250 本/m²以下で高位分げつの出現率が高く、茎数と高位分げつの出現率との間に 1% 水準で有意な負の相関 ($r = -0.514$) が認められた。さらに生育が進んだ出穂 43~37 日前では、単位面積当たりの茎数が約 300 本/m²以下で高位分げつの出現率が高く、茎数と高位分げつの出現率との間に 5% 水準で有意な負の相関 ($r = -0.439$) が認められた。このことから、出穂約 50 日前の単位面積当たりの茎数が約 250 本/m²以下の場合、また、出穂約 40 日前の単位面積当たりの茎数が約 300 本/m²以下の場合、窒素追肥を早めて、2 次以上の分げつを出現させることで高位分げつの出現を抑制あるいは軽減できると推察した。また、茎数が確保できず、単位面積当たりの有効茎数が少ない場合は、穂肥の施肥量を抑えることで高位分げつの出現を抑制あるいは軽減できると推察した。

審査報告概要

本研究は、水稻の点播直播栽培で問題となる高位分げつの出現要因について究明したものである。その結果、低苗立ち密度で単位面積当たりの有効茎数が少ない場合、また、深水により有効分げつ数の増加が抑制された場合に、高位分げつの出現が多くなることを明らかにした。さらに、その原因として、有効分げつ数が少ないと通常分げつ茎当たりの窒素や非構造化炭水化物の蓄積量が増すことが、高位分げつの出現につながる要因であることを認めた。

これらの結果から、生育初期に通常分げつの出現を促して単位面積当たりの有効分げつ数を確保すること、通常分げつが少ない場合は穂肥の施用量を抑えたり施用時期を早めるなど、点播直播水稻の高位分げつ抑制について、栽培管理の改善対策を提案したことにより、本研究が水稻の点播直播栽培のさらなる普及に寄与するものと判断した。

よって、審査員一同は博士（農学）の学位を授与する価値があると判断した。