

水稻

水稻はイネ科イネ属の植物で、その収穫物がコメと呼ばれ、小麦とトウモロコシとともに三大穀物の一つである。

イネ科イネ属の植物には 23 種 77 系統が知られている。そのうちアジアイネとアフリカイネの 2 種は栽培種である。本邦に栽培されているのはアジアイネに属する耐冷性の高いジャポニカ種（日本型）であるが、中国南部、東南アジアなどに多く栽培しているのは同じアジアイネに属するが、耐冷性の弱いインディカ種である。

コメは本邦の主食であるため、穀物作物の中に水稻の栽培面積と収量が断トツ 1 位である。2019 年の統計データでは、栽培面積 146.9 万ヘクタール、収穫量 776.2 万トン、そのうち主食用米の栽培面積 137.9 万ヘクタール、収穫量 726.1 万トンである。飼料用米、加工用米、備蓄米など非主食米の栽培面積 9 万ヘクタール、収穫量 50.1 万トンしかない。

1. 水稻の生育ステージと主な農作業

水稻の生育は主に育苗期、活着期、分げつ期、幼穂形成と穗孕み期、出穂開花期、登熟期、成熟期に分けられるが、各ステージにはさらに細かく仕分けすることもある。育苗期から分げつ期を経て、幼穂形成と穗孕み期までは茎葉の発生と成長がメインで栄養成長期とされている。出穂開花期から生殖成長期に入り、茎葉の発生と伸長が止まり、生長は開花と子実（モミ）の形成・膨大、養分の集積に集中している。図 1 は水稻の生育ステージと各ステージに主に行う農作業を示す。

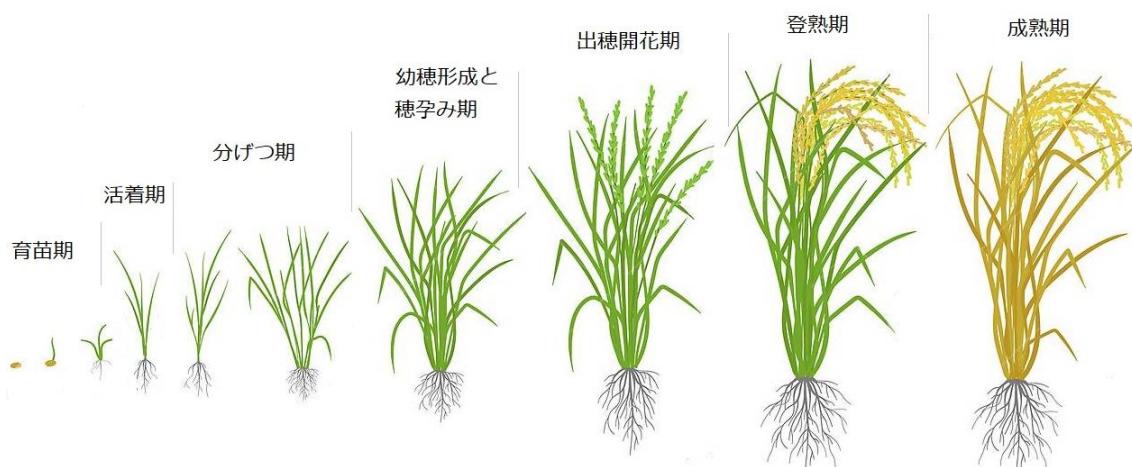


図 1. 水稻の生育ステージ

水稻の初期成長が遅く、初春の寒さを避け、生育の揃った苗を得るために集中育苗を行い、田植えを経て田んぼに移植する栽培方式が一般的である。この方式では夏季に出穂開花、秋の寒風が来る前に成熟して収穫できるようになっている。ただし、アメリカやオーストラリ

アなどの大規模農業の国では、人手のかかるイネの育苗と田植えを避けるため、種を田んぼに直接播くという直播き栽培方式を採用している。通常、育苗期は25~30日、田植え後の活着期は10~15日である。植えた苗が活着すると、分けつが始まる。

分けつ期は約50~60日もあるが、分けつで発生した茎は全て穂になるとは限らず、栄養条件などの良好な茎だけが穂になる。分けつ期のうち有効分けつ期が20~30日しかなく、その後に発生した茎は穂にならず、無効分けつである。大体田植え後の35~40日に最高分けつ期に達する。この頃に有効分けつの茎の中に幼穂を形成し始め、幼穂形成期に入る。

幼穂は大体出穂前の35~25日までの間で形成される。幼穂が形成すると、減数分裂が始まり、穂が孕む。幼穂形成と減数分裂・穂孕み期間を併せると約30~35日である。出穂開花期は約5~7日だけで、その間に水稻が出穂と開花・受精をする。開花後、登熟期に入る。

登熟期に葉の光合成作用で合成された炭水化物がモミに転流して、デンプンに転化して蓄積される。登熟期の後期には茎葉中の養分もモミに転流してデンプンとなり、茎葉が次第に黄色くなり、成熟期に入る。

成熟期に入った水稻は収穫を迎える。大体出穂開花の約40~45日後に収穫ができる。

本邦では、水稻の栽培品種と日照、気温などの気象条件により田植え後の生育期間が大体120~140日である。

2. 水稻の生長曲線と必要な養分

水稻生育期間中に吸収された養分は水稻の各組織器官の構成と生理活動に供するものである。吸収された養分が大体数日から10数日後に新たに形成された組織器官の構成成分となる。従って、吸収量の曲線は水稻乾物重の増加曲線より数日~10数日早くなるが、日数をずらせばうまく合致する。すなわち、水稻の乾物重が速く増加する期間の数10日~数日前から養分の吸収量も多くなる。図2は水稻生育期間中の草丈、茎数と乾物重増加量を示す。

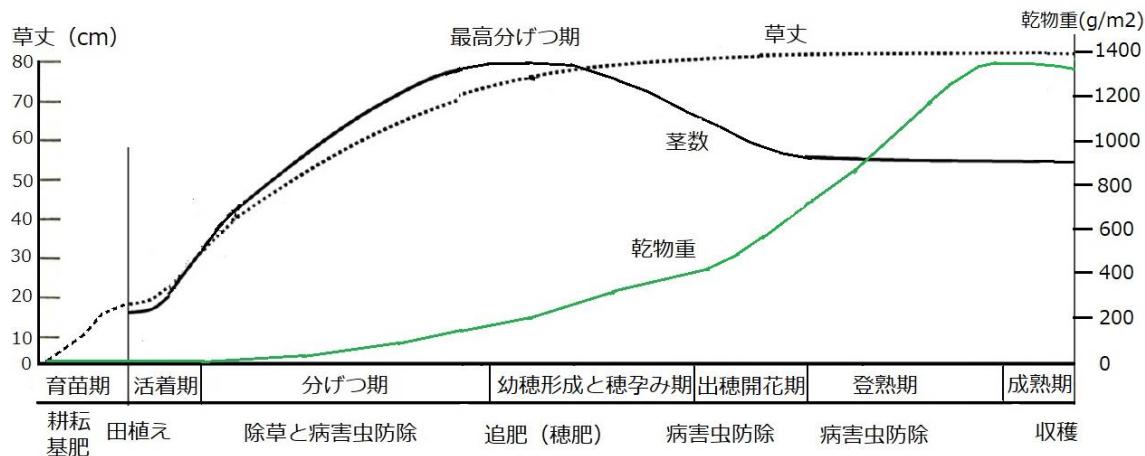


図2. 水稻の草丈、茎数と乾物重の増加曲線

水稻の生育期間中に吸収された養分量はその収穫物（玄米）に含まれている養分量から推定できる。本邦の農業環境技術研究所が発表した「わが国の農作物の養分収支」によれば、玄米の養分含有率が窒素 1.18%、りん酸（P₂O₅換算） 0.60%、加里（K₂O 换算） 0.43% とされている。農林水産省の 2019 年統計データでは、本邦の水稻平均収量が 528kg/10a とされる。上記のデータで計算すると、田んぼ 10a から収穫された玄米に含まれている養分量は窒素 6.23kg、りん酸 3.17kg、加里 2.27kg である。玄米以外の茎葉やもみ殻の非食用部分の乾物重が 631kg/10a とされ、その養分含有量が窒素 4.19kg、りん酸 1.87kg、加里 13.13kg となる。すなわち、わらやもみ殻を田んぼに全く残さない場合は、水稻の収量を維持するために、1 作を作るたびに 10a ごとに窒素 10.42kg、りん酸 5.04kg、加里 15.40kg を施用しなければならない。但し、わらを田んぼに残すことが多く、灌漑水や土壤に蓄積された養分の供給も無視できず、実際に肥料からの必要な供給量が上記よりはるかに少なく、大体その需要量の 30~50% で済む。

多くの実験データによれば、水稻の養分吸収量が生育ステージによって異なる。

育苗期は苗の生長が緩慢で、必要な養分も主に種子内の貯蔵物質から供給されるため、外部からの養分吸収量が僅かである。育苗期から活着期まで吸収された養分量が全生育期間中養分吸収量に占める割合は窒素 2~3%、りん酸 2%、加里の 0.5~1% だけである。分げつ期から養分の吸収量が次第に増加し、窒素養分の吸収ピークは最高分げつ期から出穂期であるが、りん酸養分と加里養分の吸収ピークは出穂期から登熟期の乳熟期までである。

その理由は分げつ期には多量の茎葉が発生するので、養分、特に窒素が多く必要である。ただし、窒素の供給量が多すぎると、逆に無効分げつが増え、肥料利用率が下がる一方、病害虫の被害も誘発されやすい。幼穂が形成されて、出穂から登熟期の乳熟期までが開花と子実の形成、内容物の転流と充実などに多量の加里とりん酸が必要である。この頃、りん酸と加里が不足する場合は、穂が小さく、粒数が少なく、千粒重も軽くなる。ただし、出穂以降窒素養分を多く与えると、逆に成熟が遅れ、玄米のタンパク質含有量も高くなり、食味が悪くなる。

3. 水稻の生育に必要な施肥量と施肥管理

施用された肥料成分が全量水稻に吸収利用される訳がない。多くの実験データによれば、施用された肥料の当季利用率は加里が 60% 前後とされるが、尿素や硫安のような汎用窒素肥料が 35~50% 程度で、りん酸肥料がさらに低く、15~30% しかない。従って、10a の水稻 1 作の栽培には大体窒素 8~12kg、りん酸 5~10kg、加里 8~12kg の肥料を施用する必要がある。

水稻の施肥管理はそれぞれの養分吸収ピークに植株に充分な養分を供給する目的である。慣行栽培ではその施肥管理は基肥と追肥に分けられる。

基肥は主に分げつ期と幼穂形成と穗孕み期の養分需要を満足させるものである。その施用量は全施肥予定量の約 70~80% であるが、りん酸肥料は流失の可能性が少ないので、習

慣上全量を基肥で施用する。基肥の施肥法は施肥位置の違いにより全面表層施肥、全面全層施肥と側条施肥の三つに分けられる。

全面表層施肥は耕起後の代掻き作業時または代掻き直後に基肥を施用する方法で、その特徴は肥料が作土の表層だけに存在して、活着した苗が容易に養分を吸収でき、初期生育が旺盛で、茎数が確保しやすいが、大気との接触で脱窒量が多く、流失しやすく、肥料効果が早く切れ、肥料利用率が低い。

全面全層施肥は耕起前に基肥を田んぼに全面散布し、その後の耕起と代掻き作業を通じて肥料を作土全層に混和させる方法である。その特徴は肥料が作土全体に吸着されるので、流亡が少なく、肥効期間が長く、肥料利用率も比較的に高い。ただし、初期生育がやや劣り、後期生育が盛んになり、無効分げつが多くなる。

側条施肥は田植えの際に苗の定植と同時に株の側方に基肥を条状に施用する方法である。その特徴は肥料が水稻根の側面と下層土壤に集中してあるため、大気と接することができなく、脱窒や硝化作用が抑えられ、流亡しにくく、土壤固定が軽減され、初期から後期まで肥効が長く持続し、肥料利用率が高い。全面表層施肥より 10~20%程度の施肥量が節減される。

樹脂被覆尿素肥料が市販されてから、基肥に被覆尿素を使い、生育期に必要な肥料を全量基肥にする基肥一発の施用方法は追肥が不要で、施肥の労力が大幅に軽減できるほか、肥料の脱窒と流失が少なく、窒素肥料に限って施用量がさらに 10%程度節減することができる。但し、生育後期に肥料切れの可能性があり、収量が慣行の基肥と追肥の組合せよりやや減少する傾向がある。

追肥は基本的に幼穂形成期に 1 回だけ施用する。その役割は出穂開花期と登熟期に必要な養分を供給することで、穂肥とも呼ばれる。

追肥は幼穂形成と減数分裂の間に施用する。すなわち、出穂の 18~25 日前に施用すると、最大の肥料効果が得られる。施用が早まると、茎が伸びすぎ、後期倒伏の恐れがあるほか、分げつ期が伸び、無効分げつが増える。施用が遅れると出穂開花期に養分が不足になりがち、穂が小さくなり、登熟が遅れるなどの弊害がある。追肥量の基準は 10a に窒素 1.5~3kg、加里 1~1.5kg であるが、生育状況により適宜に増減する。

追肥は全面表層施肥を採用する。肥料を田んぼに全面撒くか、灌漑水の流入口に開封した肥料袋を置いて、溶けた肥料成分が灌漑水に沿って田んぼ全面に広がる方法もある。

4. 施肥管理上の注意事項

水稻栽培における施肥管理上の主な注意事項は下記の通りである。

① 硝酸態窒素肥料の使用を避ける。硝酸態窒素が土壤コロイドに吸着せず、水と一緒に流失しやすいため、水田での施用に適しない。但し、水稻の根活性が弱くなった生育期後半には薄めて穂肥として追肥することで、根の窒素吸収を促進する効果がある。この場合はあらかじめ浅水にして、施用後 3~5 日排水しないことが前提である。

② 窒素の過剰施用をしない。窒素の過剰施用は無効分げつが増えるほか、後期倒伏を引き

起こし、玄米のタンパク質含有量が高くなり、食味が悪くなる。また、過剰施用すると、吸収しきれない窒素が灌漑や降雨により流失したり、脱窒により窒素ガスに還元されたりして、利用率が大幅に下がる。環境汚染の原因にもなる。

③ **基肥一発性肥料を使う場合は追肥も視野に入れる。**被覆尿素を使う基肥一発性肥料は追肥が不要で、施肥の労力が大幅に軽減できるほか、肥料の脱窒と流失が少なく、窒素肥料施用量が 10%程度節減することができる。但し、生育後期に肥料不足の可能性がある。幼穂形成と減数分裂期の葉色と分けつ数を観察して、肥料不足の場合は、追肥で窒素肥料を施用する必要がある。

④ **硫安の施用に気にしない。**従来、硫安に含まれている硫黄が水田の冠水還元環境に於いて、硫化水素を生成し、水稻の根を損傷し、秋落ち現象が発生する恐れがあるといわれたが、冬季乾田と栽培期間の中干し技術の導入により、硫化水素の生成が抑えられる。従って硫安を含有する肥料が問題なく通常に施用することができる。

⑤ **ケイ酸質肥料の使用。**水稻はケイ酸を嗜好する植物で、ケイ酸吸収量が多い。通常、湧き水や河川水に一定量のケイ酸を含有し、ケイ酸不足にならない。ただし、北海道や東北、北陸地域が雪解け水を灌漑水に使う場合は、ケイ酸不足の恐れがあり、ケイ酸質肥料の施用が有効である。