

Optimum Water Management on Soybean under Deficit Irrigation

メタデータ	言語: English 出版者: 公開日: 2008-02-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: Raden Achmad Bustomi Rosadi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/3127

氏 名 (本 國 籍)	Raden Achmad Bustomi Rosadi (インドネシア共和国)
学 位 の 種 類	博士 (農学)
学 位 記 番 号	農博乙第 110 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 18 年 3 月 13 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 3 条第 2 項該当
学 位 論 文 題 目	Optimum Water Management on Soybean under Deficit Irrigation (ダイズの節水栽培における最適灌漑法)
審 査 委 員 会	主査 岐阜大学 教 授 千 家 正 照 副査 静岡大学 教 授 土 屋 智 副査 岐阜大学 教 授 天 谷 孝 夫 副査 信州大学 助教授 鈴 木 純

論 文 の 内 容 の 要 旨

ダイズはインドネシアの食料供給にとって重要な役割を担っている。2004 年ではインドネシアの国内消費量の 65%に相当する 131 万トンのダイズを外国から輸入している。この問題を解決する方法の一つとしてダイズの国内生産力を向上させることが挙げられる。とくにランポン州ではインドネシアの中でもダイズを生産力を向上させる問題を最優先課題としている。ランポン州では、通常、雨期に 2 回の水稻を収穫した後、ダイズが水田に作付けされる。雨期の終わりに播種したダイズは乾期を通して栽培される。そのため、用水の利用可能量がダイズ生産の制限要因となり、水資源制約下では節水灌漑の改良が不可欠となる。

節水灌漑法の主なアプローチは、作物水需要の全量を供給するのではなくその一部を供給することによって、ある生育期間に作物体に水ストレスを与えながら、収量への影響をできるだけ少なくして作物の水利用効率を高めようとするものである。ここで、水ストレスの効果を定量化するために、収量の相対減少量($1-Y_a/Y_m$)と蒸発散量の相対減少量($1-ET_a/ET_m$)との関係を次式で表わす。

$$1-Y_a/Y_m = K_y (1-ET_a/ET_m)$$

ここで、 K_y は収量反応係数である。

土壌水分が成長障害水分点(θ_c)以下まで低下した水ストレス条件下での蒸発散を、調整蒸発散($ET_{c\ adj}$)と呼び、下式で表される。

$$ET_{c\ adj} = K_s \cdot ET_c$$

ここで、 K_s は水分ストレス係数、 $ET_{c\ adj}$ は水ストレス条件下における蒸発散量、 ET_c は標準条件 (水ストレスがない条件) 下における蒸発散量であり、下式で表される。

$$ET_c = K_c \cdot ET_o$$

ここで、 ET_o は基準作物の蒸発散量、 K_c は作物係数である。

現在まで、 K_y と K_s の値は、インドネシア以外の国で行われた実験の数値しかない。そこで、インドネシアでダイズの節水灌漑を実施するためには、 K_y と K_s のデータを実験で求めることが極めて重要である。以上の理由から、インドネシア国スマトラ島南部のランポン州で、下記の研究目的で、一連の実験を実施した。

- (1) 異なる土壌におけるダイズの成長阻害水分点(θ_c)と水分ストレス係数(K_s)の決定
- (2) 各生育ステージにおける水ストレスがダイズ収量に与える影響

上記(1)の目的のために、2000年に Ultisol 土壌を用いて Willis 種のダイズを、2003年には Andisol 土壌を用いて Tanggamus 種のダイズを栽培して実験を行った。これらの実験は4反復の2元配置分散分析で実施した。

試験区は、水分ストレスの強度を変化させるために、有効水分の不足を総有効水分量の0-20%(WD1), 20-40%(WD2), 40-60%(WD3), 60-80%(WD4), 80-100%(WD5)の5段階で設定した。実験結果は次の通りである。

成長阻害水分点(θ_c)の体積含水率(土壌水分吸引圧)は、Ultisol 土壌の場合は定植4週目以降において30.5%(234kPa)(これは有効水分の不足が総有効水分の50%の状態WD3に相当する)であったのに対して、Andisol 土壌の場合の θ_c は生育期間を通じて変化しており、結実期と初期成熟期において水ストレスの影響を最も受けやすく、 θ_c は36.9%(51kPa)(これは有効水分の不足が総有効水分量の30%の状態WD2に相当する)であった。さらに収量反応係数(K_y)はUltisol 土壌で0.851, Andisol 土壌で0.507となり、水ストレスによる消費水量の減少に対して収量の減少はAndisol 土壌の方が小さく、節水灌漑に適した土壌であることが分かる。

Ultisol 土壌と Andisol 土壌ともに、全生育期間において有効水分の不足を総有効水分の50%になるように節水灌漑(WD3)を行うとダイズの収穫効率(単位消費水量当たりの収穫量)が最大となり、そのときの水分ストレス係数(K_s)の平均値はそれぞれ0.78と0.68であった。

最適灌漑下におけるダイズの最大収量は、Ultisol 土壌では1ポット(直径24.9cm)当たり7.9gで総消費水量は372mm, Andisol 土壌では1ポット当たり13.5gで総消費水量は587mmであった。そのときの灌漑管理は有効水分の不足が総有効水分の40~60%(WD3)になるように灌漑したときであり、完全灌漑に比べてUltisol 土壌では10.1%、Andisol 土壌では24.6%の用水を節約できた。

上記(2)の研究目的を達成するために、3反復の2元配置分散分析を用いて実験を実施した。試験区の第一番目の要因は水ストレスの時期(S)として、S1(栄養成長初期)、S2(栄養成長後期)、S3(開花期)、S4(結実・初期成熟期)の各生育ステージに水ストレスを与えた。二番目の要因は、水ストレスの強度を変化させるために、有効水分の不足を総有効水分の0-20%(D1), 20-40%(D2), 40-60%(D3), 60-80%(D4), 80-100%(D5)となるように5段階を設定した。この栽培実験ではUltisol 土壌を用い Willis 種のダイズを栽培した。

ダイズは水分ストレスに対して開花期(S3)から結実・初期成熟期(S4)に特に敏感であり、これらの生育ステージにおける成長阻害水分点(θ_c)の体積含水率は、総有効水分の50%不足に相当する26%であり、そのときの水分ストレス係数(K_s)は0.57(S3)と0.27(S4)であった。栄養成長初期から初期成熟期までの水分ストレスは相対収量の減少をもたらす。しかし、栄養成長初期(S1)の水ストレスのダメージは栄養成長後期(S2)以降の完全灌漑によって回復することができた。一方、結実期から初期成熟期(S4)に水ストレスをか

けるとその大きさにかわらず収穫効率が著しく低下した。このことは結実期以降に節水灌漑を適用することは効果的でないことを意味している。

審 査 結 果 の 要 旨

インドネシアでは、ダイズの国内消費量の 65%に相当する 131 万トン外国から輸入しており、ダイズの国内生産力を向上させることが重要な課題となっている。インドネシアでは、通常、雨期に 2 回の水稻を収穫した後、水田にダイズが作付けされ、雨季の終わりに播種したダイズは乾季を通して栽培される。そのため、用水の利用可能量がダイズ生産の制限要因となり、水資源制約下では節水灌漑の改良が不可欠となる。そこで本論文では、作物が必要とする水の全量ではなくその一部を供給することによって、ある生育期間に作物体に水ストレスを与えながら収量への影響をできるだけ小さくし、作物の水利用効率を高めようとする節水灌漑法について、下記の一連の研究を実施した。

- (1) 異なる土壌におけるダイズの成長阻害水分点(θ_c)と水分ストレス係数(K_s)の決定
- (2) 各生育ステージにおける水ストレスがダイズ収量に与える影響

上記(1)の目的のために、2000 年に Ultisol 土壌を、2003 年には Andisol 土壌というこの地域の代表的な 2 種類の土壌を用いてダイズを栽培し実験を行った。成長阻害水分点(θ_c)の体積含水率(土壌水分吸引圧)は、Ultisol 土壌の場合は定植 4 週目以降において 30.5% (234kPa) (有効水分の不足が総有効水分の 50%の状態に相当する)であったのに対して、Andisol 土壌の場合の θ_c は生育期間を通じて変化しており、結実期と初期成熟期において水ストレスの影響を最も受けやすく、 θ_c は 36.9%(51kPa) (有効水分の不足が総有効水分量の 30%の状態に相当する)であった。Ultisol 土壌と Andisol 土壌ともに、全生育期間において有効水分の不足を総有効水分の 50%になるように節水灌漑を行うとダイズの収穫効率(単位消費水量当たりの収穫量)が最大となり、そのときの水分ストレス係数(完全灌漑と節水灌漑時の蒸発散の比)の平均値はそれぞれ 0.78 と 0.68 であった。すなわち、節水灌漑を行うと完全灌漑に比べて同じ収穫量に対して Ultisol 土壌では 10.1%、Andisol 土壌では 24.6 %の用水を節約できることを明らかにした。

上記(2)の研究目的を達成するために、S 1 (栄養成長初期)、S 2 (栄養成長後期)、S 3 (開花期)、S 4 (結実・初期成熟期)の各生育ステージに 5 段階の強度の水ストレスを与えながら Ultisol 土壌でダイズを栽培した。各生育ステージとも水分ストレスは相対収量の減少をもたらしたが、S1 ステージの水ストレスのダメージは S 2 ステージ以降の完全灌漑によって回復することができた。一方、S4 ステージに水ストレスをかけるとその大きさにかわらず収穫効率が著しく低下した。すなわち、結実期以降に節水灌漑を適用することは効果的でないことを明らかにした。

本研究は、水資源制約下におけるダイズの最適灌漑法について重要な知見を提供し、熱帯モンスーン気候下の乾季におけるダイズの収穫量を拡大し、インドネシアの食料自給に対して貢献できる重要な研究成果として評価される。

以上のことより、審査委員全員一致で本論文が岐阜大学大学院連合農学研究科の学位論文として十分価値あるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文は以下の通りである。

- (1) Critical water content and water stress coefficient of soybean (*Glycine max*[L.] Merr.) under deficit irrigation, R.A. Bustomi, Rosadi, Afandi, Masateru Senge, Kengo Ito and John Tawiah Adomako, Paddy Water Environment 2005(4) (in print)
- (2) Estimating the Critical Water Content and Water Stress Coefficient of Soybean (*Glycine max*[L.] Merr.) in Andisol of Lampung Indonesia, R.A. Bustomi, Rosadi, Afandi, Masateru Senge, Kengo Ito and John Tawiah Adomako, Journal of Rainwater Catchment Systems 11(1), 31-35, 2005
- (3) The effect of water deficit at individual growth stages on the yield and water requirement of soybean(*Glycine max*[L.] Merr.), R.A. Bustomi, Rosadi, Afandi, Masateru Senge, Kengo Ito and John Tawiah Adomako, Journal of Rainwater Catchment Systems 11(1), 37-41, 2005

その他の既発表論文は以下の通りである。

- (1) Sediment yield from various land use practices in a hilly tropical area of Lampung region, South Sumatra, Indonesia, Afandi, R.A. Bustomi, Rosadi, Maryanto, Nurarifani, Utomo, M., Senge, M., and Adachi, T., Journal of Japanese Society of Soil Physics, 91, 25-38, 2002
- (2) Soil erosion under coffee trees with different weed managements in humid tropical hilly area of Lampung, South Sumatra, Indonesia, Afandi, Manik, T. K., R.A. Bustomi, Rosadi, Utomo, M., Senge, M., Adachi, T., and Oki, Y., Journal of Japanese Society of Soil Physics, 91, 3-14, 2002
- (3) An evaluation of coffee crop factor under different weed managements using USLE method in hilly humid tropical area of Lampung, South Sumatra, Indonesia, Afandi, Manik, T. K., R.A. Bustomi, Rosadi, Utomo, M., Senge, M., Adachi, T., and Oki, Y., Journal of Japanese Society of Soil Physics, 93, 21-33, 2003
- (4) Soil physical properties under coffee trees with different weed managements in a hilly humid tropical area of Lampung, South Sumatra, Indonesia, Afandi, Manik, T. K., R.A. Bustomi, Rosadi, Utomo, M., Senge, M., Adachi, T., and Oki, Y., Journal of Japanese Society of Soil Physics, 92, 3-16, 2003