

黒ダイズ ‘丹波黒’ のセルトレイ育苗における ヘソ横向き播種の効果の年次間比較

大久保 和男

Inter-annual Comparison of the Effect of Hilum Position of the Seed Which Heightens the Emergence Ratio of the Black Seed Coat Soybean Variety ‘Tanbaguro’

Kazuo Okubo

緒言

黒ダイズ ‘丹波黒’ は、主に煮豆として消費されており、極大粒で煮豆にしたときの見栄えと食感が良いため、他の黒ダイズ品種と比較して高級食材としての評価が高い。岡山県における ‘丹波黒’ の作付面積は2001年の1,923 haをピークとして漸減傾向にあるものの、2017年時点で1,241 haの作付けがある。近年、岡山県では ‘丹波黒’ 産地における高齢化にともない、省力的な直播栽培体系への移行が進んでいる。しかし、直播栽培では、降雨による播種作業の遅延や播種後の天候不順による出芽不良などの問題があるため、安定生産上の有利性から、現在も生産者のほぼ半数が従来のセルトレイ育苗-移植体系で栽培を行っている。

岡山県の生産現場では、屋外で行われるセルトレイ育苗の出芽率は約60～80%と決して高いとはいえ、変動も大きいという問題があった。著者はこの問題を解決するために、 ‘丹波黒’ のセルトレイ育苗において出芽率を高めるための育苗方法や、種子の出芽能力を維持するための長期保存方法について報告してきた（大久保ら、2012；大久保、2012；大久保・松本、2013）。その中で、ダイズの出芽の早さ、揃い及び姿勢は、種子の置床方向に影響を受ける（池田、1981）ことから、 ‘丹波黒’ のセルトレイ育苗において、種子の置床方向が出芽に及ぼす影響を検討し、ヘソを横向きに播種する方法は下向きに播種する方法よりも、出芽の早さと出芽率が有意に優れることを明らかにした

（大久保、2012）。しかし、この報告は1か年の試験結果に基づいたものであり、出芽日数と出芽率に対するヘソ横向きの播種方法の効果が年次によってどのように変動するかは不明である。

本報告では、大久保（2012）の報告と同様の方法、すなわち、気象条件の影響を受けやすい屋外における ‘丹波黒’ のセルトレイ育苗において、ヘソ横向きとヘソ下向きの播種方法で出芽試験を行って、大久保（2012）の報告の1か年分（2011年）のデータに2か年分（2012～2013年）のデータを追加し、3か年の結果から種子の置床方向が出芽日数と出芽率に及ぼす影響の年次間比較を行った。このため、2011年のデータは、大久保（2012）の報告のデータと重複している。

試験方法

1. 採種と種子の調製並びに種子の出芽能力

試験は2011年から2013年の3か年、 ‘丹波黒’（岡山系統1号）（松本・平井、2005）の種子を用いて行った。2011年と2013年の試験に用いた種子は、前年産の種子を大久保・松本（2013）の方法により貯蔵したものを用いた。すなわち、2010年と2012年の成熟期に株を抜き取り、自然乾燥用網室でそれぞれ1か月及び2か月間架干しを行い、十分に乾燥させた後に手脱粒、手選別した。選別後の種子はポリエチレン袋に密封し、播種までの間、家庭用冷蔵庫内（設定4℃）で保存した。乾熱法により調査した保存前の種子の含水率は、2010年産と2012年産種子がそれぞれ10.1%、8.3%であった。

2012年の試験に用いた種子は、前年の成熟期に直ちに手脱粒、手選別し、紙袋に入れて播種までの間、温度12℃、相対湿度50%の種子貯蔵庫内に保存した。保存前の種子の含水率は18.9%と比較的高水分の種子であった。

試験には、粒径が10 mm以上11 mm未満で、外観上は裂皮や皺がなく、品種本来の形質を備えた種子を供試した。乾熱法により調査した播種前の種子の含水率は2011年が9.7%、2012年が9.9%、2013年が7.2%であった。各年次に用いた種子の試験材料としての出芽能力を確認するため、ヘソの向きを下向き（図1A）で播種し、出芽試験を行った。播種はいずれの年も4月上旬とし、セルトレイ（以下、トレイ）は128穴トレイ（野菜トレイ30角、ヤンマー（株））を用い、水稻用育苗箱の上にセルトレイを載せ使用した。床土には含水率が55～60%の育苗用培土（野菜養土Sタイプ、ヤンマー（株））を、覆土には育苗用培土に付属する覆土用パーミキュライトを用いた。播種深度と灌水方法は前報（大久保、2012）に従い、深度2 cm（粒径が約1 cmなので、覆土の厚さは約1 cm）及び播種24時間後の灌水とした。播種には、先端から1 cmの部分にビニルテープで印をつけたボールペン（ニュークリスタルケアS、ゼブラ（株））のキャップを利用し、目視によりヘソの方向を確認して種子を床土の上に置き、種子の真上からキャップの先端を押し当て、キャップの印とトレイ上面の水準が一致する位置まで種子を真下に押し込んだ。播種後、覆土用パーミキュライトを振り掛け、手で余分な覆土を払い、トレイ表面を均平にしたら、培土の乾燥を防ぐため農業用ビニルシートでトレイ全体を包んだ。吸水障害（Ishidaら、1988；中山ら、2004）を回避する目的で、床土に含まれる水分が、緩やかに、かつ十分に乾燥種子に吸湿されるよう（大久保ら、2012）に、播種後24時間は灌水せず、その後にビニルシートを取り除き、重力水が落下するまでトレイに灌水した。

培土の乾燥を防ぐため、トレイへの床土の充填から播種、最初の灌水までの作業を屋内で行い、以降は無加温のガラス温室で育苗し、覆土の表面に乾燥を認めた場合1トレイ当たり500 mLをジョロで灌水した。1トレイに128粒を播種し、1トレイを反復とし、各年次2反復で試験を行った結果、出芽率は2011年が99%、2012年が94%、2013年が98%であった。

2. 播種方法と播種後の管理

播種日は、2011年が6月25日、2012年が6月26日、2013年が7月4日であった。用いた資材と播種方法は、前述の種子の出芽能力を確認するために行った出芽試

験と同様とした。覆土後トレイを積み重ね、培土の乾燥を防ぐため農業用ビニルシートで全体を包み、播種24時間後に、ビニルシートを取り除いた後、個々のトレイに重力水が落下するまで灌水した。

培土の乾燥を防ぐためトレイへの床土の充填から播種、最初の灌水までの作業を屋内で行い、以降はトレイを屋外に配置し、覆土の表面に乾燥を認めた場合1トレイ当たり500 mLをジョロで灌水した。

3. 処理、区制と調査項目

処理はヘソを底面とする下向き（図1A）と、ヘソの筋を赤道部において水平方向とするヘソ横向き（図1B）の2水準とし、1トレイ（播種数128粒）を1処理区とした。

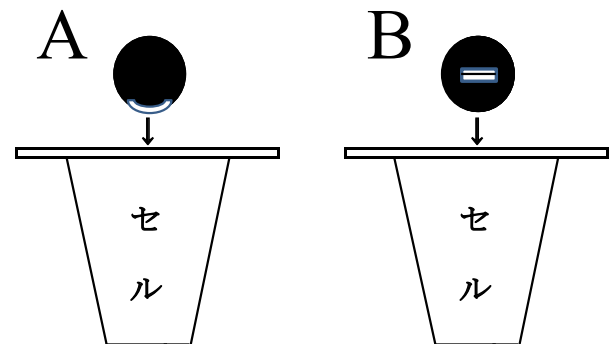


図1 播種時の種子の置床方向の模式図
A：ヘソ下向き B：ヘソ横向き

2011年と2013年は各処理3反復、計6トレイに播種し、2012年は各処理6反復、計12トレイに播種した。播種24時間後に灌水を行った後、各試験年とも完全任意配列法で屋外に配置した。

覆土面から子葉が完全に出現した状態を出芽とし、個体ごとに出芽日を記録し、播種から出芽までの日数をその個体の出芽日数とした。調査は播種15日後まで行った。

各トレイの播種数は128粒だが、上述したとおり、材料として用いた種子の出芽能力は試験年次によって異なる。そこで、予め行った出芽試験の結果から出芽能力を備えた種子の播種数を推定し、その推定値に対する出芽個体数の割合をトレイごとに算出して試験区当たりの出芽率とした。

トレイを屋外に配置した日から最終出芽日までを出芽期間とし、岡山県農林水産総合センター農業研究所（赤磐市）の気象データを用いて、出芽期間における日平均気温の平均値と降水量の積算値を算出した。

結果

1. 出芽日数

図2に播種時のヘソの向きと3か年の出芽日数の相対度数分布を、表1に平均出芽日数及び出芽日数の標準偏差を示した。2011年と2013年の試験では、播種3日後から出芽し始め、2012年の試験では播種4日後から出芽し始めた。2011年、2012年及び2013年の試験において、それぞれ播種8日後、11日後及び9日後以降に新たな出芽個体を認めなかった。このように、出芽始めと出芽終わりは年次によって異なったが、同一年次ではヘソの向きによる差異はなかった。しかし、同一年次でもヘソの向きによって出芽日数の度数分布は異なった。2011年と2012年では、分布の最頻値はヘソ横向き、下向きともに同じ出芽日数に位置したが、分布全体の形はヘソ横向きの方が下向きよりも出芽日数の少ない

方向に僅かに偏った分布を示した。2013年では、分布の最頻値はヘソ横向きの方が下向きよりも1日早い出芽日数に位置した。

同一置床方向間での出芽日数の平均値の差異は年次によって最大で1.5日あったが、同一年次内でのヘソの向きによる差異は最大で0.4日程度であった。出芽日数の度数分布は各年次ともヘソの向きに関わらず正規分布ではなかったが、出芽日数のばらつきの一応の目安として示した標準偏差は、同一年次ではヘソ横向きの方が下向きよりも小さかった。

2. 出芽率とその年次変動

出芽率の年次変動をヘソ横向きとヘソ下向きで比較するために、ヘソ横向きとヘソ下向きを合算した年次別の平均出芽率とヘソの向き別の出芽率の関係を図3に示した。出芽率はベルヌーイ型事象なので、二項分

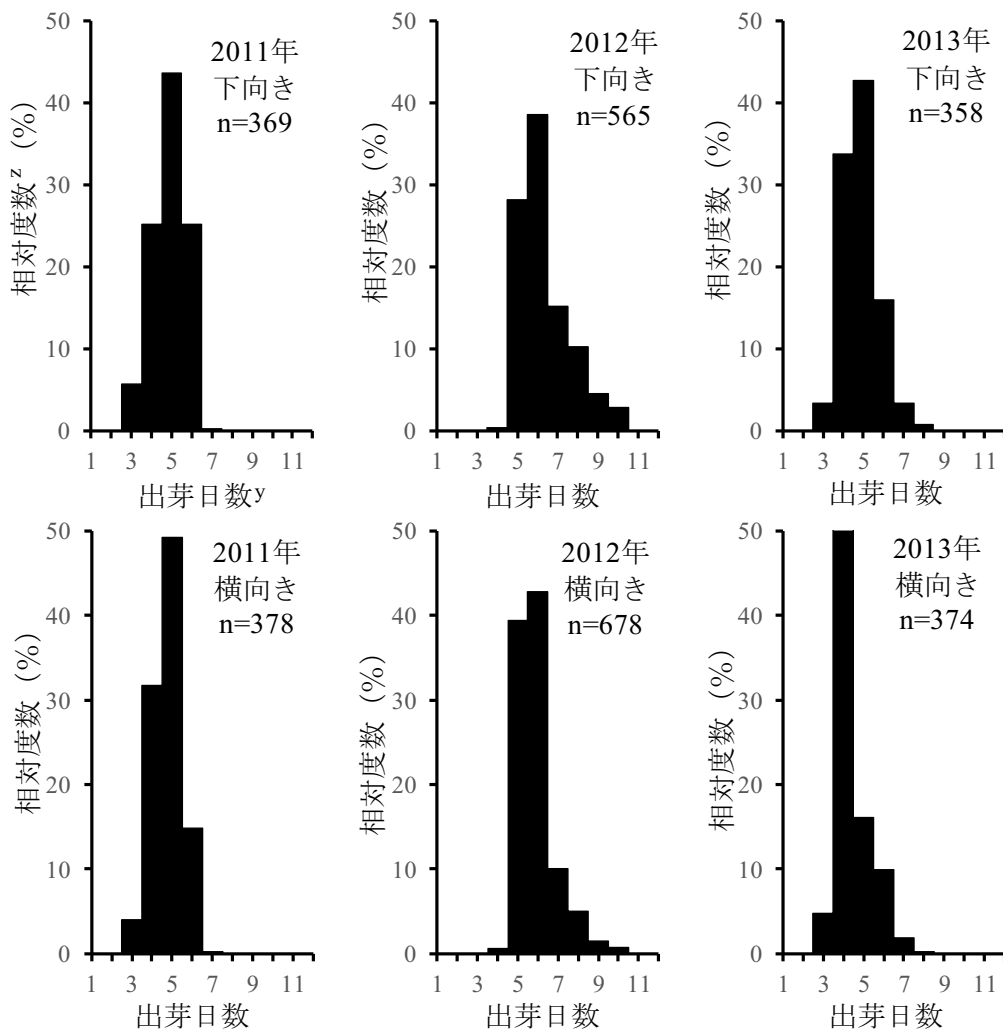


図2 播種時のヘソの向きと出芽日数の相対度数分布

^z相対度数は総出芽個体数 (n) に対する度数の百分率

^y出芽日数は播種日から起算した子葉が覆土面から完全に出現した日

布に従う。そこで、Clopper-Pearson法により推定した母集団平均値（母比率の百分率表示）の95%信頼区間を併せて示した。年次ごとにヘソの向きによる出芽率を比較すると、3か年ともにヘソ横向き播種でヘソ下向き播種よりも高く、2012年と2013年ではヘソ横向きとヘソ下向きの信頼区間は重複しなかった。

ヘソ横向きとヘソ下向きを合算した年次別の出芽率の平均値は2011年、2013年、2012年の順に高く、それぞれ98%、97%、86%であった。ヘソ横向きの回帰直線の傾きはヘソ下向きよりも緩やかであった。

3. 出芽期間中の気象条件

2011年は播種8日後以降、2012年は播種11日後以降、2013年は播種9日後以降に新たな出芽個体を認めなかった（図2）。それぞれの前日を最終出芽日とみなし、表2に出芽期間の日数、日平均気温の平均値、降水量及び降雨日数を示した。

出芽期間の日平均気温の平均値は、2012年が24.1℃であり、2011年の27.0℃と2013年の28.5℃に比べて低かった。出芽期間の降水量は、2012年が143.5 mmであり、2011年の13.5 mmと2013年の7.5 mmに比べて多かった。出芽期間のうち、降雨のあった日は2011年が4日、2013年が1日であったのに対し、2012年は6日であり、1日当たりの降水量も他の2か年よりも多かった。

表1 播種時のヘソの向きと平均出芽日数及び出芽日数の標準偏差

試験年次	ヘソの向き	平均出芽日数	出芽日数の標準偏差
2011	下向き	4.9	0.86
	横向き	4.8	0.76
2012	下向き	6.3	1.28
	横向き	5.9	0.98
2013	下向き	4.8	0.91
	横向き	4.4	0.82

考 察

‘丹波黒’のセルトレイ育苗において、種子の置床方向が出芽日数と出芽率に及ぼす影響を、ヘソを横向きと下向きで比較するとともに、3か年における年次変動を検討した。本報告の結果は、大久保（2012）が指摘したヘソ横向き播種の優位性を支持するだけでなく、その効果が出芽に不適な気象条件下でも安定して発現することを示すものである。

ヘソ横向きとヘソ下向きの3か年の出芽日数の頻度分布の様相（図2）、平均出芽日数及び出芽日数のばらつき（表1）から、ヘソを横向きに播種すること

で出芽はやや早まり、出芽揃いは良くなると考えられた。

また、出芽率の3か年の平均値及び年次変動から（図3）、ヘソを横向きに播種することで出芽率は高まり、年次変動も小さくなると考えられた。特に、3か年のうち、出芽率が最も低かった2012年では、ヘソの向きによる出芽率の差は16%であり、出芽個体数に換算するとヘソ横向き播種はヘソ下向き播種よりも1トレイ当たり20個体多いことになる。‘丹波黒’の栽培では、10a当たり約2千株を定植する必要があるため、そのためには約16トレイでの育苗が必要となるため、より効率的な育苗が必要となる。特に、原原種圃や原種圃における種子生産などの場面では、限られた種子数からできるだけ多くの苗を得る必要があるため、ヘソを横向きに播種する方法は有用と考えられた。

2012年には、他の2か年に比べて出芽始めが遅れ（図2）、平均出芽日数も大きく（表1）、出芽率は明らかに劣った（図3）。そこで、試験年次の出芽期間における

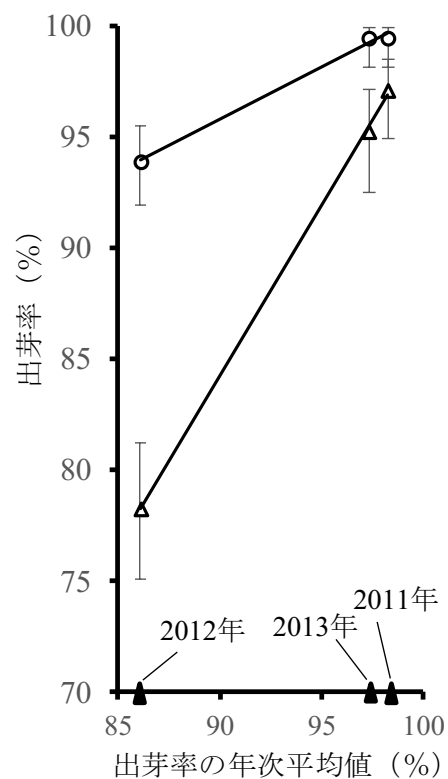


図3 ヘソ下向きと横向きを合算した出芽率の年次平均値とヘソの向き別の出芽率の関係

△：ヘソ下向き，○：ヘソ横向き

▲：ヘソ下向きと横向きを合算した出芽率の年次平均値

直線はヘソの向き別の回帰直線

エラーバーはClopper-Pearson法により推定した母集団平均値の95%信頼区間

表2 出芽期間における日平均気温の平均値、積算降水量及び降雨日数

試験年次	出芽期間(日) ^z	日平均気温(°C) ^y	降水量(mm) ^x	降雨日数(日)
2011	7	27.0	13.5	4
2012	10	24.1	143.5	6
2013	8	28.5	7.5	1

^zセルトレイを屋外に配置した日から最終出芽日までの日数

^y日平均気温の平均値

^x降水量の積算値

気象条件について考察を加える。

2012年の出芽期間の気象は、他の2か年に比べて低温・多雨であった(表2)。井上(1953)は、大豆の種子発芽における最低温度は2～4℃、最高温度は42～44℃、最適温度は34～36℃としており、種子発芽の最低温度から最適温度の範囲では、温度が高まるに従い発芽が促進されることを示している。本報告における2012年の出芽の遅れは低温による発芽や胚軸の伸長の抑制が、また出芽率の低下は多雨による種子周辺の過湿な環境が主な原因と考えられる。

ヘソ横向き播種とヘソ下向き播種における出芽日数の差異を床土中のヘソの位置と出芽姿勢から考察する。ヘソ下向きではヘソが底面に位置するため播種時のヘソの位置は地表から約2 cmの深さにある(図4A)。また、‘丹波黒’種子は、吸水すると球形から長球に変化し、種子内部にある子葉の長軸と短軸はそれぞれ地面に対して平行と垂直の状態である。発根と下胚軸の伸長に伴い、床土中で種子は子葉の先端が下方向に回転(子葉の長軸、短軸共に回転する)して、子葉の長軸が地面とほぼ垂直の状態が出芽する(図4A)。これに対して、ヘソ横向きではヘソの筋を赤道部において水平方向とするため播種時のヘソの位置は地表から約1.5 cmの深さに位置し(図4B)、種子内部にある子葉の長軸と短軸が共に地面に対して平行である。床土中の種子の回転は、子葉の短軸が地面とほぼ平行を保ったまま、子葉の先端が下方向に長軸のみが回転しながら出芽する。出芽直後の苗の姿勢は下胚軸がほぼ垂直に立ち、子葉の方向は長軸が地面に対して約45度の角度であり、床土中で90度まで回転しきる前に出芽する(図4B)。このように、播種時のヘソの向きによってヘソの深度及び出芽の様相が異なるため、出芽の速さに影響したと考えられた。

特に、2012年は出芽期間が他の2か年よりも低温かつ

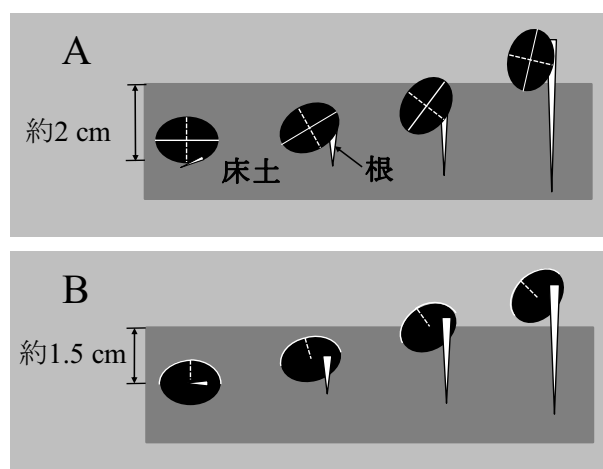


図4 ヘソの向きと床土中のヘソの位置並びに出芽過程の模式図

模式図は断面図

A：ヘソ下向き，B：ヘソ横向き

種子は吸水により膨張し長球形である

種子表面に表示した実線は種子内部にある子葉の長軸，破線は短軸を表す

多雨であったため、根や下胚軸の伸長が抑制され出芽は遅延するとともに、ヘソの向きによる出芽日数の差が大きくなったと考えられる。また、ヘソ下向きでは多雨による過湿状態に長くさらされたことで、出芽率もヘソ横向きに比べて低下したと考えられる。

以上のようにヘソを横向きに播種する方法は、‘丹波黒’のセルトレイ育苗において出芽をやや早め、出芽率を高める効果があることが確認できた。ヘソ横向きの播種方法は、気象変動の大きい屋外でのセルトレイ育苗において、特に出芽に不適な気象条件下でその効果を発揮すると考えられた。

摘要

黒ダイズ ‘丹波黒’の屋外でのセルトレイ育苗におい

て、種子の置床方向が出芽日数と出芽率に及ぼす影響を、ヘソを横向きと下向きで3か年比較した。3か年の出芽日数の相対度数分布、平均値及び標準偏差からみて、ヘソ横向きでは出芽がやや早まり、出芽揃いがよい傾向にあった。3か年を通じて、ヘソ横向きの出芽率は下向きよりも高く、出芽率の年次間変動は横向きで小さかった。以上の結果から、ヘソを横向きに播種する方法は、気象変動の大きい屋外でのセルトレイ育苗において、特に出芽に不適な気象条件下でその効果を発揮すると考えられた。

引用文献

池田武 (1981) 種子の置床方向が大豆の発芽状態に及ぼす影響. 日作紀, 50: 407-408.
井上重陽 (1953) 種子の発芽温度に関する研究 第9報 大豆. 日作紀, 21: 276-277.
Ishida, N., H. Kano, T. Kobayashi, H. Hamaguchi and T. Yoshida (1988) The Relationship between Imbibitional

Damage and Initial Water Content of Soybeans. Agric. Biol. Chem., 52: 2771-2775.

松本一信・平井幸 (2005) 黒大豆優良系統の選抜とその特性. 日作中支集録, 46: 22-23.
中山則和・橋本俊司・島田信二・高橋幹・金榮厚・大矢徹治・有原丈二 (2004) 冠水ストレスが発芽時のサイズに及ぼす影響と種子含水率調節による冠水障害の軽減効果. 日作紀, 73: 323-329.
大久保和男・中島映信・前田周平 (2012) 黒サイズ品種「丹波黒」の優良系統「岡山系統1号」のセルトレイ育苗において健全苗を多数得るための管理方法. 近畿中国四国農研, 20: 15-20.
大久保和男 (2012) 黒サイズ品種「丹波黒」のセルトレイ育苗において種子の置床方向が出芽に及ぼす影響. 日作紀, 81: 449-452.
大久保和男・松本一信 (2013) 黒サイズ「丹波黒」における種子の簡便な長期保存方法. 岡山農研研報, 4: 33-37.

Summary

This study was aimed at investigating the effects of hilum position of the seed at sowing on days to emergence and emergence ratio of the black seed coat soybean variety 'Tanbaguro' in cell tray raising. The experiments were performed for three years with three replications (two years) and six replications (one year). Seed was sown with hilum on the side or hilum facing downward into each individual cell in the cell tray filled with culture soil. After sowing, trays were arranged outdoors in a completely randomized design. In the seeds with hilum on the side or facing downward, mean value of days to emergence in the former were shorter than the latter for three years. Mean value of emergence ratio on the sowing with hilum on the side was higher than the sowing with hilum facing downward for three years. The sowing with hilum on the side exceeded that with hilum facing downward on the stability of the emergence ratio to the temperature and the rainfall. These data demonstrate that the sowing of the seed with hilum on the side is a useful and secure method to obtain a higher seedling emergence ratio of 'Tanbaguro' in cell tray raising.