الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم الهندسة الريفية

مرحلة النمو المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا

أطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في الهندسة الزراعية (تخصص الهندسة الريفية)

إعداد

م. ريما قاسم آله رشي

إشراف

المشرف الرئيسي

أ. د. عبد الوهاب مرعي

أستاذ في قسم علوم الأغذية

كلية الهندسة الزراعية– جامعة دمشق

المشرف المشارك

د.م. إيهاب جناد

أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفية

كلية الهندسة الزراعية– جامعة دمشق

2024 م

تصريح

أصرح بأن البحث الموصوف في هذه الأطروحة بعنوان "**مرحلة النمو المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا**" لم يسبق أن قدم للحصول على شهادة أخرى في هذه الجامعة أو في أي جامعة أخرى أو أي معهد تعليمي، ولا يوجد أي جزء من هذه الأطروحة تم أخذه بالكامل من عمل آخر. وأن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتيجة جهودي الشخصية وبتوجيه من المشرف والمشرف المشارك، وأن أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشح

ريما قاسم آله رشي

Declaration

I hereby declare that the research described in this thesis titled **" Optimal growth stage for applying Alternative Partial Irrigation on Potatoes"** has not previously been submitted for another degree at this university or at any other university or educational institute. And no part of this thesis has been taken entirely from any other work. The data presented are the results of my own work under the guidance of my supervisor and co-supervisor. Any other information or results mentioned are cited in the text and reference list.

Candidate

Rima Kasem Alahrashi

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الأطروحة بعنوان "**مرحلة النمو المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا**" نتيجة بحث علمي قام به المرشح ريما قاسم آله رشي تحت إشراف الأساتذة الدكتور عبد الوهاب مرعي الأستاذ في قسم علوم الأغذية في كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق، والأستاذ الدكتور إيهاب جناد (مشرفاً مشاركاً) الأستاذ في قسم الهندسة الريفية في كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق، وأية مصادر أخرى بحثت في هذا العمل موثقة في النص وفي قائمة المراجع.

المشرف الرئيسي	**المشرف المشارك**
أ.د. عبد الوهاب مرعي	**أ.د. إيهاب جناد**

Certification

We hereby certify that the work described in this thesis titled **"Optimal growth stage for applying Alternative Partial Irrigation on Potatoes"** is the result of scientific research conducted by the candidate Rima Kasem Alahrashi under the supervision of Prof. Abdulwahab Merai, a professor at the Department of Food Science, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University, and Prof. Ihab Jnad (Co-Supervisor), a professor at the Department of Rural Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University. Any other sources mentioned in this work are cited in the text and reference list.

Main Supervisor	Co-Supervisor
Prof. Abdulwahab Merai	Prof. Ihab Jnad

فهرس المحتويات

الفصل	الموضوع	رقم الصفحة
	الملخص باللغة العربية	-
الفصل الأول	**المقدمة**	**1**
1-1	تمهيد	1
2-1	إشكالية البحث	3
3-1	تساؤلات البحث	3
4-1	فرضيات البحث	3
5-1	أهداف البحث	4
6-1	أهمية البحث	4
7-1	مبررات البحث	5
الفصل الثاني	**الدراسة المرجعية**	**6**
1-2	التصنيف العلمي لنبات البطاطا	**6**
2-2	الموطن الأصلي وتاريخ الزراعة لنبات البطاطا	**6**
3-2	مناطق زراعة البطاطا	**7**
4-2	الاستعمال والقيمة الغذائية لنبات البطاطا	**8**
5-2	أطوار نمو نبات البطاطا	**9**
6-2	الظروف البيئية المناسبة لنبات البطاطا	**10**
7-2	الإنتاجية العالمية لمحصول البطاطا والمساحة المزروعة	**12**

8-2	مواعيد زراعة محصول البطاطا في القطر وتوزع إنتاجيته ومساحاتها	12
9-2	الري الناقص	19
10-2	الري الناقص على البطاطا	22
11-2	الري الجزئي المتناوب	27
12-2	مقارنة تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص على نبات البطاطا	30
الفصل الثالث	**مواد البحث وطرائقه**	37
1-3	مكان وزمان تنفيذ البحث	37
2-3	المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة	37
3-3	المادة النباتية	38
4-3	صفات التربة المستعملة في الزراعة	38
5-3	عمليات الخدمة الزراعية	39
6-3	طريقة الزراعة والتسميد والحصاد	39
7-3	تصميم التجربة	40
8-3	المعاملات المدروسة	41
9-3	التحليل الإحصائي	41
10-3	طريقة الري	42
11-3	جدولة الري	42
12-3	المؤشرات المدروسة وطريقة حسابها	43
الفصل الرابع	**النتائج والمناقشة**	48
1-4	القراءات الفينولوجية	48

2-4	المؤشرات المائية المدروسة	**49**
3-4	الإنتاجية	**62**
4-4	كفاءة استعمال المياه	**65**
5-4	معامل استجابة المحصول للإجهاد	**66**
6-4	متوسط إنتاجية النبات الواحد	**70**
7-4	حجم الدرنة	**74**
8-4	نسبة البروتين في البطاطا	**78**
9-4	المؤشرات الفيزيولوجية	**81**
الفصل الخامس	**الخاتمة والاستنتاجات والتوصيات**	**88**
1-5	الخاتمة	**88**
2-5	الاستنتاجات	**90**
3-5	التوصيات	**90**
	المراجع	**91**
	الملخص باللغة الانجليزية	

فهرس الجداول

رقم الجدول	الجدول	رقم الصفحة
1	المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة	37
2	الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة في الزراعة	38
3	القراءات الفينولوجية	48
4	الاستهلاك المائي المرجعي حسب مراحل نمو محصول البطاطا للموسم الأول	50
5	الاستهلاك المائي المرجعي حسب مراحل نمو محصول البطاطا للموسم الثاني	50
6	الاستهلاك المائي الكلي وكميات مياه الري المقدمة للمعاملات الموسم الأول	52
7	الاستهلاك المائي الكلي وكميات مياه الري المقدمة للمعاملات الموسم الثاني	53
8	عدد الريات خلال مراحل نمو النبات للموسم الأول	54
9	عدد الريات خلال مراحل نمو النبات للموسم الثاني	54
10	الاستهلاك المائي الكلي حسب مراحل تطور المحصول للموسم الأول	55
11	الاستهلاك المائي الكلي حسب مراحل تطور المحصول للموسم الثاني	56
12	معامل المحصول حسب مراحل نمو محصول البطاطا لكافة المعاملات للموسم الأول	57
13	معامل المحصول حسب مراحل نمو محصول البطاطا لكافة المعاملات للموسم الثاني	58
14	متوسط إنتاجية البطاطا للموسم الأول	63
15	متوسط إنتاجية البطاطا للموسم الثاني	64
16	كفاءة استعمال المياه ومعامل استجابة المحصول للإجهاد الموسم الأول	68
17	كفاءة استعمال المياه ومعامل استجابة المحصول للإجهاد الموسم الثاني	69

	متوسط إنتاجية النبات الواحد لصنف البطاطا للموسم الأول	72
18	متوسط إنتاجية النبات الواحد لصنف البطاطا للموسم الثاني	73
19	متوسط حجم درنة البطاطا للصنف للموسم الأول	76
20	متوسط حجم درنة البطاطا للصنف ايفرست للموسم الثاني	77
21	متوسط نسبة البروتين في درنة البطاطا للموسم الأول	79
22	متوسط نسبة البروتين في درنة البطاطا للموسم الثاني	80
23	متوسط نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري للموسم الأول	82
24	متوسط نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري للموسم الثاني	83
25	متوسط مؤشر المساحة الورقية للموسم الأول	85
26	متوسط مؤشر المساحة الورقية للموسم الأول	86

فهرس الأشكال

رقم الشكل	الشكل	رقم الصفحة
1	غلة محصول البطاطا الربيعية على مستوى القطر خلال الفترة 2018-2022	14
2	غلة نبات البطاطا الربيعية في محافظات القطر لعام 2022	14
3	غلة محصول البطاطا الخريفية على مستوى القطر خلال الفترة 2018-2022	15
4	غلة نبات البطاطا الخريفية في محافظات القطر لعام 2022	16
5	غلة محصول البطاطا الصيفية على مستوى القطر خلال الفترة 2018-2022	17
6	غلة نبات البطاطا الصيفية في محافظات القطر لعام 2022	17
7	غلة محصول البطاطا على مستوى القطر خلال الفترة 2013-2022	18
8	غلة نبات البطاطا في محافظات القطر لعام 2022	18
9	مخطط التجربة	40
10	قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الجزئي المتناوب الموسم الأول	59
11	قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الجزئي المتناوب الموسم الثاني	60
12	قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الناقص الموسم الأول	60
13	قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الناقص الموسم الثاني	61

قائمة الاختصارات

Meaning	المعنى	الاختصار
Alternative Partial Irrigation	الري الجزئي المتناوب	API
Full Irrigation	الري الكامل	FI
Alternative Partial Irrigation during all stages 80% Full Irrigation	الري الجزئي المتناوب خلال كامل مراحل النمو 80% من الري الكامل	API80
Alternative Partial Irrigation during the late tuber filling and maturing stages 80% Full Irrigation	الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% من الري الكامل	API80TF
Alternative Partial Irrigation during all stages 70% Full Irrigation	الري الجزئي المتناوب خلال كامل مراحل النمو 70% من الري الكامل	API70
Alternative Partial Irrigation during the late tuber filling and maturing stages 70% Full Irrigation	الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج 70% من الري الكامل	API70TF
Deficit Irrigation	الري الناقص	DI
Deficit Irrigation during all stages 80% Full Irrigation	الري الناقص خلال كامل مراحل النمو 80% من الري الكامل	DI80
Deficit Irrigation during the late tuber filling and maturing stages 80% Full Irrigation	الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% من الري الكامل	DI80TF

Deficit Irrigation during all stages 70% Full Irrigation	الري الناقص خلال كامل مراحل النمو 70% من الري الكامل	DI70
Deficit Irrigation during the late tuber filling and maturing stages 70% Full Irrigation	الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج 70% من الري الكامل	DI70TF

الملخص

نفذ البحث في منطقة الديرخبية في محافظة ريف دمشق بتطبيق موسمي زراعة بالعامين 2021-2022، وتمت الزراعة بتاريخ 8 نيسان كعروة صيفية لدراسة إمكانية تحسين كفاءة استعمال المياه لمحصول البطاطا (الصنف ايفرست) من خلال مقارنة تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص. صُممت التجربة بالتصميم العشوائي البسيط بتسع معاملات لكميات مختلفة من المياه خلال مراحل نمو النبات في ثلاثة مكررات لكل معاملة على مستوى ثقة 95%. وكانت المعاملات على النحو التالي: معاملة الري الكامل (الشاهد)، معاملتي الري الجزئي المتناوب 80% و70% من الري الكامل ولكافة مراحل النمو، ومعاملتي الري الجزئي المتناوب 80% و70% من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج، ومعاملتي الري الناقص 80% و70% من الري الكامل ولكافة مراحل النمو ومعاملتي الري الناقص 80% و70% من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج.

أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية في الإنتاجية بين المعاملة 100% من الري الكامل وكل من المعاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% و70% من الري الكامل والري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% و70% من الري الكامل. حيث بلغت القيم (32.72 ، 30.56، 29.98، 30.86، 30.74 $Ton.h^{-1}$) على التوالي في الموسم الأول. و(41.25، 39,32، 38.98، 40.22، 39.03 $Ton.h^{-1}$) على التوالي في الموسم الثاني. بينما أظهرت النتائج وجود فروق معنوية في الإنتاجية بين المعاملة 100% من الري الكامل وكل من المعاملات الري الجزئي المتناوب لكافة مراحل النمو ومعاملة الري الجزئي المتناوب لكافة مراحل النمو 80% و70% من الري الكامل، والري الناقص لكافة مراحل النمو ومعاملة الري الناقص لكافة مراحل النمو80% و70% من الري الكامل، وبنسبة انخفاض (47%) و(56%) و (38%)و(47%) على التوالي في الموسم الأول، وبنسبة انخفاض (59%) و(66%) و(54%) و (60%) على التوالي في الموسم الثاني.

وسُجلت أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه في معاملة الري الجزئي المتناوب في مرحلتي ملء الدرنات والنضج 70% بقيمة بلغت ($6.59\ Kg.m^{-3}$) في الموسم الأول و ($10.56\ Kg.m^{-3}$) في الموسم الثاني. تلتها معاملة الري الجزئي المتناوب في مرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% من الري الكامل بقيمة بلغت($6.34Kg.m^{-3}$) في الموسم الأول و ($10.03\ Kg.m^{-3}$) في الموسم الثاني. كما حققت كل من معاملتي الري الجزئي المتناوب في مرحلتي ملء الدرنات والنضج 80% ومعاملة الري الجزئي المتناوب في مرحلتي ملء الدرنات والنضج 70% أعلى قيم لحجم الدرنات بفروق معنوية تلتهم معاملة الري الكامل بقيم بلغت (440 ml، 418، 360) على التوالي في الموسم الأول و(356 ml، 350، 305) على التوالي في الموسم الثاني. وكان هذا الارتفاع في قيم حجم الدرنة بفروق معنوية مقارنةً مع معاملة الري الكامل.

الكلمات المفتاحية: الري الجزئي المتناوب، الري الناقص، البطاطا، كفاءة استعمال المياه، الإنتاجية.

الفصل الأول: المقدمة

1-1-تمهيد

أضحت الإدارة المستدامة والرشيدة لمصادر مياه الري أمراً حتمياً يفرضه الزمان والمكان (Al-Omran and Louki, 2023). ففي ظل انخفاض الموارد المائية وزيادة فترات الجفاف في المناطق الجافة وشبه الجافة مع زيادة المساحات المروية أصبح لابد من التحول إلى تطبيق تقنيات الري الموفرة للمياه (Tabatabaei et al., 2017). ومن المعروف أن إعطاء النبات كامل احتياجاته المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة قد يستنزف جزءاً هاماً من المياه التي يمكن استغلالها في ري مساحات إضافية، وخاصة في ظروف شح المياه في المناطق ذات المصادر المائية محدودة الكمية. لذلك كان لابد من التقليل من كمية المياه المقدمة للمحصول دون الإضرار بالإنتاجية من أجل رفع كفاءة استعمال مياه الري (Kang and Zhang, 2004) .

وقد استخدمت تقنيات الري الموفرة للمياه في السنوات الأخيرة لتحسين الإنتاجية المائية للمحاصيل، وتعد طريقتي الري الناقص والري الجزئي المتناوب من أهم التقنيات المستخدمة لهذا الغرض، وذلك من خلال التوفير بكميات المياه المقدمة للنبات كنسب من الري الكامل. وتعتمد كميات المياه الموفرة على نوع المحصول بحيث يتم من خلالها رفع قيمة كفاءة استعمال المياه مع عدم الإضرار بإنتاجية المحصول (Ahmadi *et al*., 2010).

وتعد تقنية الري الجزئي المتناوب (APRDI) إحدى تقنيات الري الحديثة، وهي تقنية متطورة عن الري الناقص. كما تسمى في بعض الدراسات بالتجفيف الجزئي لمنطقة الجذور ويرمز لها بـ (PRD). حيث يتم ري نصفي المجموع الجذري بالتناوب، وبالتالي يُروى النصف الأول من الجذر في الرية الأولى ثمَّ يُروى النصف الآخر في الرية التالية، وهكذا (Kang and Zhang 2004; Ahmadi *et al*. 2010).

ومن جهة أخرى، تعد البطاطا ثالث أكثر محصول استهلاكاً في العالم، ويأتي بعد القمح والرز. كما أن القيمة الغذائية العالية لدرنات البطاطا من أهم العوامل التي جعلتها الغذاء الأمثل الصحي والملائم للاستهلاك الغذائي على مستوى العالم (FAOSTAT, 2024).

ويحتاج إنتاج درنات البطاطا إلى كميات مناسبة من الماء بسبب خصائص المجموع الجذري وحساسيته للإجهاد المائي، مما يشير إلى أهمية تزويد مياه الري بشكل كفوء في ظروف محدودية المصادر المائية للمحافظة على إنتاجية عالية من درنات البطاطا بشكل مستمر (Shi et al., 2015). وبالتالي لابد من تحقيق عملية التوازن بين عدم الإضرار بإنتاج محصول البطاطا كماً ونوعاً من جهة وبين توفير أكبر كمية ممكنة من المياه باستخدام تقنيات الري الموفرة للمياه بكافة أشكالها (ري ناقص، ري جزئي متناوب، إلخ) وذلك من خلال دراسة العوامل المحددة لنجاح تطبيق هذه التقنيات والتحقق من إمكانية تطبيقها وذلك بسبب حساسية وخصوصية استخدامها في ري نبات البطاطا. من جهة أخرى، تتمثل الأغراض الأساسية للري بالتنقيط المتمثل بإيصال المياه لمنطقة الجذور بشكل مباشر في توفير المياه في ظل ندرتها مع الحد من قلة المياه بالقرب من منطقة الجذور وتقليل التبخر. وبالتالي يتسع نطاق تطبيق الري بالتنقيط أكثر فأكثر، مع زيادة عدد الأبحاث المتعلقة بالري بالتنقيط سنة بعد سنة من عام 1990 إلى عام 2022. حيث تتلخص ميزات تكنولوجيا الري بالتنقيط في تحقيق النمو الأمثل للمحاصيل وإعطاء أفضل إنتاجية من حيث الكمية والنوعية ورفع كفاءة استخدام المياه. ناهيك عن الدور الهام لتقنية الري بالتنقيط في النمو الأمثل لجذور المحاصيل ورفع كفاءة امتصاصها النيتروجين. وبالتالي وجدت الأبحاث العالمية أنه في حالة نقص المياه، يمكن للري بالتنقيط توفير المياه وضمان إنتاج المحاصيل مقارنة بالري بالغمر، والري بالأخاديد، والري بالرش (Yang et al., 2023).

1-2-إشكالية البحث

باعتبار البطاطا من المحاصيل الاستراتيجية التي تزرع على مساحات واسعة في الكثير من البلدان، لذا لابد من اختيار طريقة الري الأمثل لهذا المحصول مع تحقيق كفاءة ري عالية. إلا أن البطاطا من الخضار الحساسة جداً للإجهاد المائي، وخاصةً في بعض مراحل نموها. الأمر الذي يحدد إشكالية معرفة الطريقة المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص سواء من حيث مستوى الإجهاد أو المواعيد.

1-3-تساؤلات البحث

- ما هي مراحل النمو المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا دون إضرار المحصول كماً أو نوعاً؟
- ما هو مستوى الري الأفضل لتطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص على البطاطا؟
- أيهما أفضل تطبيق الري الجزئي المتناوب أم الري الناقص كطرق ري حديثة موفرة للمياه على البطاطا؟

1-4-فرضيات البحث

ثمة الكثير من الأبحاث العلمية السابقة التي قدمت دراسات حول استراتيجيات مختلفة لتطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص على نبات البطاطا، بما فيها النمط الثابت لمستوى الري المطبق خلال كامل مراحل النمو والنمط الديناميكي المتغير وذلك لتحديد الطريقة المثلى لري هذا المحصول الحساس لتوفر الماء في بعض مراحل نموه. مما يؤكد أهمية البحث حول النقاط التالية:

- تحديد مرحلة النمو المثلى لتطبيق الري المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب والناقص على البطاطا. وذلك من خلال معرفة مقدار الاستهلاك المائي الصافي والمتطلبات المائية الكلية لكل مرحلة من مراحل النمو في كل استراتيجية ري جزئي متناوب أو ري ناقص مطبقة.
- تأثير الري الجزئي المتناوب والري الناقص في إنتاجية البطاطا كماً نوعاً في نهاية الموسم.

- تحديد كفاءة استعمال المياه تحت ظروف الري الجزئي المتناوب والري الناقص لمحصول البطاطا.
- تقييم مدى استجابة محصول البطاطا لتطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص.

1-5-أهداف البحث

- تحديد مرحلة النمو المثلى لتطبيق الري الجزئي المتناوب على نبات البطاطا.
- تحديد تأثير الري الجزئي المتناوب والري الناقص في إنتاجية البطاطا.
- تحديد كفاءة استعمال المياه تحت ظروف الري الجزئي المتناوب والري الناقص.
- تقييم مدى استجابة محصول البطاطا لتطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص.

1-6-أهمية البحث

في ظروف نقص المياه ضمن منطقتنا نجد أنه مازالت الكثير من الأراضي المزروعة بالبطاطا تروى بطرق الري التقليدية مما يخفض من كفاءة الري. وهذا يؤكد أهمية دراسة أفضلية استخدام طرق الري الموفرة للمياه كالري الناقص والري الجزئي المتناوب في ري محصول البطاطا ومستويات الري المثلى للتطبيق، وأهمية توظيف النتائج ومخرجات هذه الأبحاث في وضع الخطط المستقبلية الاستراتيجية على مستوى القطر التي تضمن الحصول على أعلى كفاءة لاستعمال مصادر المياه في ري المحاصيل الاستراتيجية كالبطاطا.

كما تتجلى أهمية البحث في عدم وجود أبحاث سابقة تتناول تطبيق تقنية الري الجزئي المتناوب على البطاطا في سورية. مما يؤكد أهمية دراسة تطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا وضرورة مقارنته مع الري الناقص على البطاطا من حيث الإنتاجية ونوعية المحصول الناتج وكفاءة استعمال المياه. للتأكد من مدى أفضلية الري الجزئي المتناوب على البطاطا مقارنة بالري العادي (الري الكامل والناقص). وباعتبار تقنية الري الجزئي المتناوب من التقنيات الحديثة الموفرة للمياه الأمر الذي يستدعي إجراء المزيد من الأبحاث عليها لتشمل كافة المحاصيل.

1-7-مبررات (مسوغات) البحث

- نظراً للقيمة الاستراتيجية الهامة لمحصول البطاطا كونه يعد من المحاصيل الأعلى إنتاجية ومساحة في العالم يتوجب إجراء الأبحاث التي تهدف لرفع كفاءة استخدام المياه عند ري محصول البطاطا لتوفير المياه في زراعة مساحات عالمية إضافية.
- بما أن البطاطا من الخضر الحساسة لتوفر الرطوبة من جهة أخرى، حيث أثبتت العديد من الأبحاث ضعف نجاح تطبيق تقنيات الري الموفرة للمياه عليها، وذلك في الكثير من الدول كإيران والمغرب والسعودية، والتي أكد معظمها عدم نجاح تطبيق الري الجزئي المتناوب على البطاطا خلال كافة مراحل النمو.
- ضرورة التعمق بدراسة الفترات الأمثل لتطبيق الري الجزئي المتناوب خلال مراحل نمو وتطور النبات، وكذلك معدلات الري المثلى التي يجب تطبيقها خلاله على نبات البطاطا. وبالتالي فإن تحديد الفترة الفيزيولوجية الأكثر تحملاً للإجهاد المائي من حياة نبات البطاطا تمكننا من توفير كمية أكبر من المياه قدر الإمكان مع تحقيق أفضل إنتاجية المحصول كماً ونوعاً.

الفصل الثاني: الدراسة المرجعية (Literature Review):

2-1-التصنيف العلمي لنبات البطاطا

تنتمي البطاطا إلى الجنس Solanum من الفصيلة الباذنجانية Solanaceae. ويضم هذا الجنس أكثر من 1000 نوع تنتشر في معظم أنحاء العالم، ولا سيما في أمريكا الوسطى والجنوبية من جهة، وفي استراليا من جهة أخرى.

لا يكون درنات من هذه الأنواع سوى النوع الذي ينتمي إليه محصول البطاطا SolanumTuberosum وهو النوع المزروع الذي يقوم بتكوين الدرنات وسبعة أنواع مزروعة أخرى، فضلاً عن 154 نوعاً برياً.

أما باقي الأنواع فلا تكون درنات. علماً بأن الأنواع التي تكون درنات لا تنتشر سوى في القارة الأمريكية (الوسطى والجنوبية) وهي ذات أهمية لمربي النبات بسبب مقاومتها للعديد من الأمراض والحشرات، ولمقدرتها على تحمل الإجهادات البيئية (بوراس وزملاؤه، 2006).

2-2-الموطن الأصلي وتاريخ الزراعة لنبات البطاطا

يعتقد أن موطن البطاطا هو أمريكا الوسطى والجنوبية (تشيلي، البيرو، والمكسيك)، حيث وجدت بهذه المناطق أصول برية تتميز بدرناتها الصغيرة وطعمها المرَ ومقاومتها للعديد من الأمراض والآفات. ومن هناك انتقلت إلى أوروبا بوساطة مكتشفي أمريكا الأوائل من الإسبانيين، وذلك عقب الغزو الإسباني للبيرو في منتصف القرن السادس عشر.

بقيت زراعة البطاطا مقتصرة على الحدائق المنزلية مدة قرنين من الزمن قبل أن يبدأ إنتاجها التجاري. إلا أنها انتشرت سريعاً بعد ذلك في دول أوروبا الغربية وأصبحت أحد أهم الأغذية التي تعتمد عليها شعوب هذه المنطقة في معيشتها ومصدراً هاماً للطاقة الغذائية. وتدل على ذلك المجاعة التي اجتاحت ايرلندا خلال الفترة الواقعة بين عامي 1845 و1847م بسبب إصابة محصول البطاطا بمرض اللفحة المتأخرة بشكل وبائي قضى عليه،

وتسبب في هجرة الملايين من سكان ايرلندا في تلك المرحلة. ومن أوروبا الغربية انتقلت البطاطا إلى أمريكا الشمالية بوساطة المهاجرين الاسكتلنديين والايرلنديين (بوراس وزملاؤه، 2006).

2-3-مناطق زراعة البطاطا

الخضر الدرنية متعددة وتنتمي إلى فصائل نباتية مختلفة. أغلبها نباتات عشبية والقليل منها شجيري. تزرع من أجل أجزائها الأرضية (درنات، كورمات) الغنية بمحتواها من المواد الكربوهيدراتية والبروتينية. لذا تعد من مصادر الغذاء الأساسية للحصول على الطاقة الحرارية.

تنتشر زراعة هذه المحاصيل في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية من إفريقيا وآسيا وأمريكا الجنوبية، وذلك لأنها تتطلب مناخاً استوائياً، ماعدا البطاطا العادية، وبعض أصناف البطاطا الحلوة التي تزرع في المناطق المعتدلة. تشغل محاصيل هذه المجموعة مساحة كبيرة على الصعيد العالمي تزيد على خمسين مليون هكتار من أهمها وأوسعها انتشاراً البطاطا العادية والبطاطا الحلوة.

يعد محصول البطاطا من أهم محاصيل الخضر في العالم العربي والعديد من دول العالم، لاسيما في الأمريكيتين وأوروبا، وذلك بسبب وفرة إنتاجيته، وتنوع الظروف البيئية (الأرضية منها والجوية) التي ينمو فيها. وإن البطاطا رابع أكثر محصول أهمية في العالم، وتأتي بعد الذرة، الرز والقمح، وتزرع على نطاق واسع في مختلف أنحاء العالم، لاسيما في المناطق الباردة. وتحتل المرتبة الأولى عالمياً من حيث المساحة المزروعة والإنتاجية.

هذا التوسع الكبير في زراعة البطاطا عائد لكونها مصدراً غذائياً جيداً غنياً بالطاقة مقارنة مع محاصيل نشوية أخرى ذات أهمية كبيرة على الصعيد العالمي كالقمح والأرز، فضلاً عن إنتاجيتها المرتفعة بسبب التحسين الوراثي، وظهور أصناف محسنة جديدة كفاءتها عالية في امتصاص الضوء وتحويله إلى مواد غنية بالطاقة (مواد كربوهيدراتية) مقارنة مع المحاصيل الأخرى، وذلك بالنسبة لوحدة المساحة وخلال فترة زمنية معينة (بوراس وزملاؤه، 2006).

2-4-الاستعمال والقيمة الغذائية لنبات البطاطا

البطاطا العادية من محاصيل الخضار الرئيسية في سورية، نظراً لقيمتها الغذائية الجيدة، وتنوع استخدامها، لما تحتوي درناتها من مكونات وعناصر غذائية ضرورية لجسم الإنسان، فهي تحتوي على (80 %) ماء، (% 2) بروتين و(% 18) نشاء، وهي غنية بالأملاح المعدنية (P – K -Fe)، كما يعد مصدراً لفيتامين C الذي تبلغ نسبته في الدرنات المقلوعة حديثاً (26 mg لكل 100g)، في حين تنخفض نسبته في الدرنات المخزنة إلى (20 mg لكل 100g)، كما تحتوي أيضاً على كميات قليلة من الفيتامينات (A،B)، تعد البطاطا غذاءً متعدد الاستعمالات، يستخدم الإنسان درنات البطاطا العادية في غذائه بعد سلقها أو قليها أو طبخها مع الخضار الأخرى، كما يصنع منها العديد من المنتجات الغذائية مثل الرقائق، المكعبات المجففة، الدقيق (الصباغ، 1995).

تستخدم درنات البطاطا استخداماً مباشراً في تغذية الإنسان أو استخداماً غير مباشر في صناعات تحويلية كالتغذية عليها بعد تجميدها أو تجفيفها.فضلاً عن ذلك تستخدم درنات البطاطا في استخراج الدقيق حيث تفوق النسبة المستخرجة منه نسبة النشاء. فبينما تبلغ نسبة النشاء المستخرجة نحو 12.5% من الوزن الرطب للدرنات ترتفع في الدقيق المستخرج إلى 14.5%.

كما تستخدم الدرنات غير الجيدة من البطاطا أيضاً في استخراج النشاء الذي يستخدم في صناعة الورق والمنسوجات وصناعة الأطعمة وصناعة اللزيق، هذا غير استخدامها في صناعة التخمير لاستخراج الكحولات مثل الإيتانول والبيوتانول واستخراج بعض الأحماض العضوية مثل حامض الستريك وحامض اللاكتيك.

ومع أن البطاطا تعد غذاءً رئيسياً للإنسان، إلا ان الجزء المستخدم منها في تغذية الحيوانات، لا سيما في الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية يفوق الجزء المستخدم منها في تغذية الإنسان. حيث يراوح الجزء المستهلك منها في تغذية الحيوان ما بين ٢٠–٥٠% من الإنتاج الكلي للبطاطا في اوروبا (نحو ٣٥% في فرنسا، و٤٠% في ألمانيا، و٦٠% في ايرلندا) (FAOSTAT, 2024).

2-5-أطوار نمو نبات البطاطا

- طور تكوين السيقان الأرضية (الريزومات): يبدأ هذا الطور من زراعة الدرنات حتى يصبح طول النبات نحو ٢٥ سم، حيث تنمو هذه الريزومات من عقد الساق الواقعة أسفل سطح التربة في تعاقب قاعدي قمي. وتتكون من عقد وسلاميات، وتحمل أوراقاً حرشفية، وجذوراً عند العقد. ويتوقف عدد هذه الريزومات على العوامل التالية: التركيب الوراثي للصنف، طول الفترة الضوئية (يزداد عدد السوق ودرجة تفرعها بازدياد طول النهار) وطول النبات قبل الزراعة.
- طور وضع الدرنات: تتوافق هذه الفترة مع مرحلة تكوين البراعم الزهرية في الأصناف المبكرة، ومع مرحلة الإزهار في الأصناف المتأخرة. ويتأثر وضع الدرنات بطول الفترة الضوئية التي يتعرض لها النبات، حيث تؤدي الفترة الضوئية القصيرة إلى تحفيز النباتات على وضع الدرنات.
- طور ملء الدرنات والنضج: يمتد هذا الطور من نهاية وضع الدرنات حتى موت المجموع الخضري أو قلع المحصول. ويقسم بدوره إلى مرحلتين: المرحلة الأولى وتستمر حتى الأسبوع الثاني عشر من الزراعة. يزداد فيها حجم المجموع الخضري. أما المرحلة الثانية فيقل فيها المجموع الخضري ويزداد بالمقابل وزن الدرنات نتيجة انتقال المواد الغذائية إليها وموت الأنسجة النباتية في المجموع الخضري. ولعل أهم العوامل الملائمة لتكوين محصول كبير تلك المؤدية لتكوين مجموع خضري كبير في الأطوار الأولى من حياة النبات على أن يعقب ذلك ظروف جوية لا تسمح للمجموع الخضري بفقد قدرته على التمثيل الضوئي وتساعد في الوقت نفسه على انتقال المواد الغذائية من المجموع الخضري إلى الدرنات التي يزداد وزنها خلال هذا الطور. لكن بظروف الحرارة المرتفعة والنهار القصير والتي لا تسمح بنمو المجموع الخضري وتؤدي إلى تكوين مبكر للدرنات فإن كمية المحصول ستقل حتى إذا اختزنت الدرنات نسبة كبيرة من الكمية القليلة من المواد الكربوهيدراتية المصنعة. وتتأثر هذه الفترة بالعوامل التالي:

التركيب الوراثي للصنف، طول النهار، درجة الحرارة، مستوى الرطوبة الأرضية (تقصر فترة تكوين الدرنات في التربة الجافة حيث يؤدي انخفاض الرطوبة الأرضية إلى ضعف النمو الخضري والإسراع في تكوين الدرنات ولاسيما في الجو الحار)، توفر المواد الغذائية وشدة السطوع الشمسي (بوراس وزملاؤه، 2006).

2-6-الظروف البيئية المناسبة لنبات البطاطا

الحرارة: تعد البطاطا من نباتات الجو المعتدل المائل للبرودة. وإن درجة الحرارة المثلى لتكوين الدرنات هي 16-18° م. حيث أن الحرارة المرتفعة تؤثر في نمو الدرنات وتكوينها ويتوقف نموها على درجة حرارة أعلى من 30° م. وبالمقابل فإن انخفاض الحرارة لا يلائم نمو النبات في المراحل الأولى إذ يؤخر من إنبات الدرنات، وقد لا تنبت نهائياً إذا انخفضت الحرارة إلى 4-2° م (الخير وزملاؤه، 2000).

كما يتراوح متوسط الحرارة الأمثل لنمو محصول البطاطا ما بين 18 إلى 20 درجة مئوية. بينما يلزم أن تكون درجة الحرارة ليلاً أقل من 15 درجة مئوية خلال مرحلة تشكيل الدرنات. أما درجة حرارة التربة المثالية للنمو المثالي للدرنات فهي من 15 إلى 18 درجة مئوية. بينما يتم تثبيط نمو الدرنات بشكل حاد بانخفاض درجة الحرارة عن 10 درجة مئوية أو ارتفاعها أكثر من 30 درجة مئوية.

وبشكل عام يمكن تجميع أصناف البطاطا إلى أصناف المبكرة (من 90 إلى 120 يوماً)، وأصناف المتوسطة (من 120 إلى 150 يوماً)، وأصناف متأخرة (من 150 إلى 180 يوماً).

وتختلف درجة الحرارة الملائمة من مرحلة إلى أخرى أثناء حياة النبات، حيث يلائمه حرارة مرتفعة في الأطوار الأولى من حياته، ولفترة تمتد 6 أسابيع وذلك حتى تظهر النباتات بسرعة فوق سطح التربة، ويزداد عدد الأوراق، وبالتالي يكون النبات مجموعة خضرية قوية تعمل على إنتاج كمية كبيرة من المادة الجافة.

بينما في الأطوار المتقدمة يلائم النبات درجات حرارة منخفضة نسبياً، حيث تنخفض كمية المادة الجافة التي تصنعها النباتات بارتفاع درجات الحرارة عن 20° م.

الضوء: يؤثر كل من طول الفترة الضوئية وشدة الإضاءة في نمو نباتات البطاطا في المراحل المختلفة من حياتها، فيزداد النمو الخضري في الفترة الضوئية الطويلة، بينما تزداد نسبة تكوين الدرنات في الفترة الضوئية القصيرة.إن أفضل فترة إضاءة للأصناف المزروعة في سورية هي 12-120 ساعة ضوء يومياً لأن التمثيل الضوئي الذي يحصل أثناء ذلك ينتج عنه كمية نشاء كافية للتخزين في الدرنات المتكونة. وتتطلب البطاطا إضاءة جيدة لكي تنمو نمواً جيداً ولذلك لا ينصح بزراعتها بين صفوف الأشجار أو في الأماكن الظليلة.لهذا فإنه للحصول على إنتاج جيد تحتاج النباتات لفترة ضوئية طويلة في بداية حياتها لكي تنمو نمواً خضرياً جيداً ولفترة ضوئية قصيرة في نهاية حياتها حتى يتكون فائض من النشاء يخزن فيه الدرنات (الخير وزملاؤه، 2000).

الرطوبة: تحتاج البطاطا إلى رطوبة عالية (في التربة والهواء) وبخاصة في الفترة التي يتم فيها تكوين الدرنات(الخير وزملاؤه، 2000). ويعد محصول البطاطا من الخضر الحساسة للرطوبة الأرضية. لكن حاجاته من الرطوبة ليست واحدة في مراحل النمو المختلفة. فهي قليلة جداً أثناء الإنبات وخروج البرعم الطرفي. لكنه مع بداية ظهور البراعم الزهرية وتفتحها التي يرافقها توضع الدرنات وكبر حجم المجموع الخضري يزداد الاحتياج المائي. حيث تعد هذه المرحلة من المراحل الحرجة جداً من حياة النبات. إذ يؤدي انخفاض الرطوبة خلالها إلى ضعف النمو الخضري وانخفاض معدل التمثيل الضوئي وصغر حجم الدرنات مما يؤثر في كمية المحصول وصفات الدرنات الناتجة (بوراس وزملاؤه، 2006).

التربة: تعد التربة الخفيفة مثالية لإنتاج البطاطا على أن يضاف لها كميات كافية من الأسمدة وتأمين مياه الري الكافية.كما ينصح بعدم زراعة البطاطا في الأراضي المتماسكة سيئة الصرف والتهوية لأن الأراضي المتماسكة تمنع تكوين الدرنات بشكل طبيعي. بينما التربة سيئة الصرف والتهوية فتنتج درنات رديئة الشكل. كما ينصح بزراعة البطاطا في الأراضي ذات درجة الحموضة PH= 4.8-5.4 وذلك للحد من مرض الجرب.

كما تتطلب البطاطا توفر كميات كبيرة من العناصر الغذائية في التربة، لأنها تستنفذ العناصر الغذائية في فترة قصيرة (الخير وزملاؤه، 2000).

2-7-الإنتاجية العالمية لمحصول البطاطا والمساحة المزروعة

وفقاً لقاعدة بيانات منظمة الأغذية والزراعة (FAOSTAT) تم إنتاج ما يقارب من 375 مليون طن من البطاطا عالميًا في عام 2022، منها الصين بإنتاج 95.5 مليون طن والهند بإنتاج 56 مليون طن كونهم كبار المنتجين.

وأنتجت ألمانيا 10.6 مليون طن، وفرنسا 8 ملايين طن، وهولندا 6.9 مليون طن، والمملكة المتحدة 4.8 مليون طن، وبلجيكا 3.6 مليون طن .وأنتجت روسيا 18.9 مليون طن، وأوكرانيا 20.9 مليون طن. بينما أنتجت الولايات المتحدة 17.8 مليون طن وكندا 6.2 مليون طن .أنتجت الأرجنتين 2.2 مليون طن، وأستراليا 1.1 مليون طن. كما أنتجت مصر 6.1 مليون طن، وجنوب أفريقيا 2.5 مليون طن.

وبلغ إجمالي المساحة المزروعة بالبطاطا في جميع أنحاء العالم 17788408 هكتاراً في عام 2.22، وكانت هذه المساحة أقل بقليل من العام السابق 2021، حيث بلغت المساحة العالمية لزراعة البطاطا 18000663.

أما فيما يخص الغلة العالمية لمحصول البطاطا فقد تم إنتاج ما يقارب 21069, 20765, 21934, 22348, 21244 Kg/ha في الأعوام 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 على التوالي (FAOSTAT, 2023).

2-8-مواعيد زراعة محصول البطاطا في القطر وتوزع إنتاجيته ومساحاتها

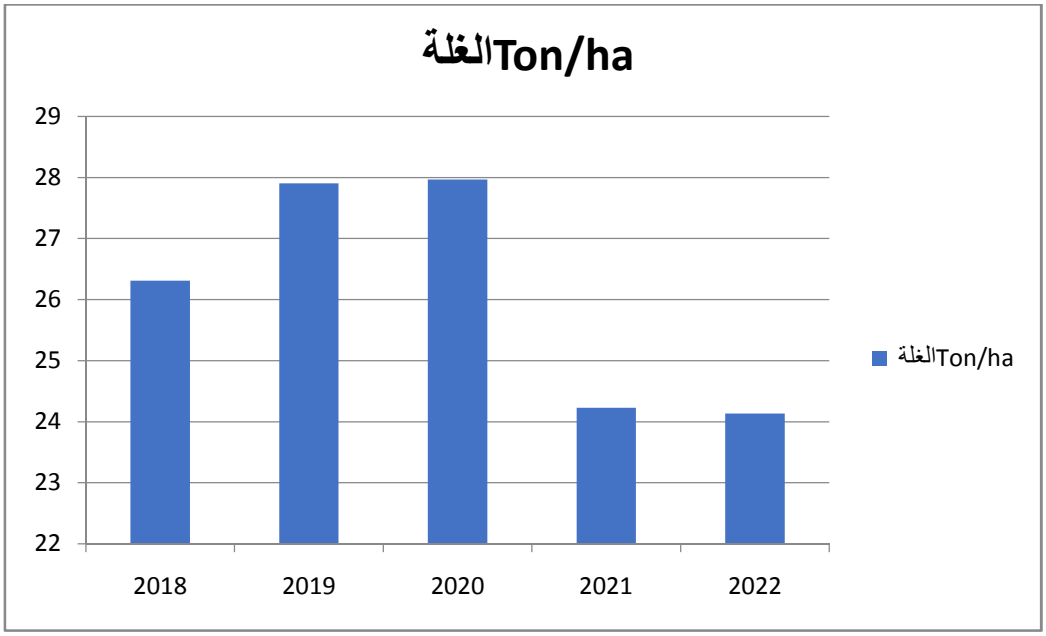
يحتل محصول البطاطا في سورية مركزاً متقدماً من بين المحاصيل الأخرى، حيث تقارب المساحة المزروعة به 24 ألف هكتار موزعة على عروات ثلاث تشغل منها الخريفية ما يقارب 35%، تليها الربيعية بنحو 60% وأخيراً الصيفية بنحو 5% (المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

كما تختلف مساحة وإنتاج عروات البطاطا في سورية من محافظة لأخرى. وهذا التوزع في العروات الزراعية المختلفة على مدار العام يعطي محصول البطاطا في سورية ميزة توفر الإنتاج في الأسواق المحلية طازجاً أغلب أوقات السنة، بحيث يوفر فرصة إمكانية التصدير للدول الأخرى.

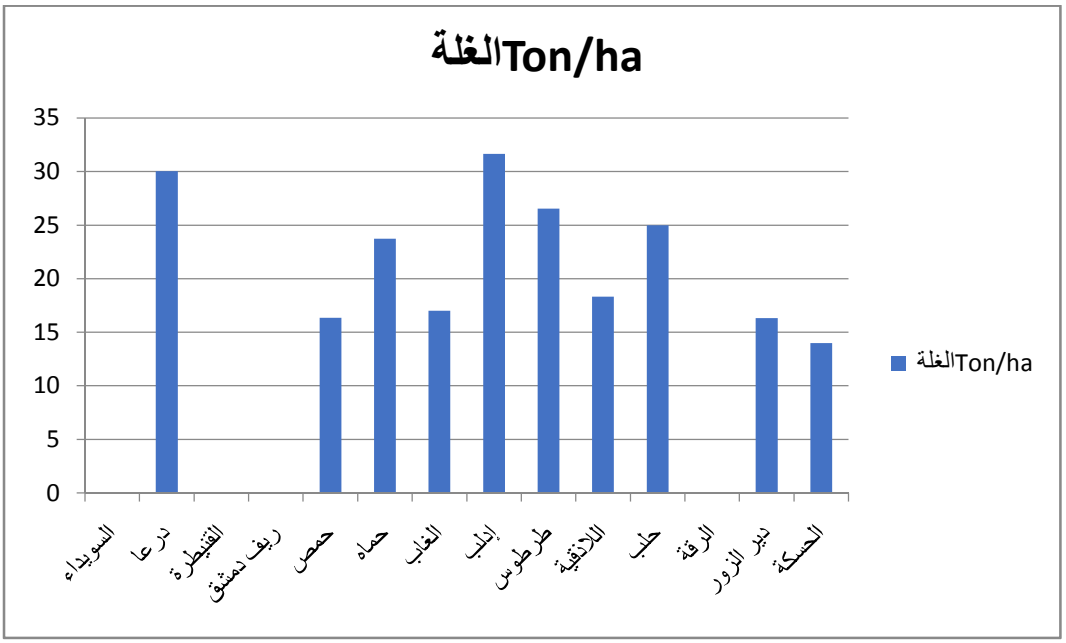
تحتل محافظة حماه وبشكل خاص منطقة الغاب التابعة لها المرتبة الأولى بالنسبة لمتوسط مساحة البطاطا المزروعة في سورية، حيث بلغ متوسط المساحة المزروعة بالبطاطا نحو 6.6 ألف هكتار، أي ما يمثل نحو 21.1% من متوسط المساحة المزروعة بالبطاطا في سورية للفترة نفسها والذي قدره نحو 31.3 ألف هكتار. وتشكل البطاطا الربيعية في المحافظة أهمية خاصة من حيث المساحة والإنتاج نظراً لملائمتها للمزارعين من حيث الاحتياج المائي والمناخ (المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

- العروة الربيعية: وتتم الزراعة خلال الفترة الواقعة بين منتصف كانون الثاني إلى منتصف شباط (بوراس وزملاؤه، 2006).تتركز في حلب- إدلب-حماه -حمص، حيث التربة المناسبة والظروف الجوية الملائمة ويصل المردود في وحدة المساحة إلى أكثر من 31 طن/هكتار بمتوسط إجمالي 25 طن / هكتار مما يجعل العروة الربيعية هي العروة الرئيسية من حيث الإنتاج ويخصص حوالي ٣٠% من إنتاج هذه العروة للبذار.

وتتركز زراعة العروة الربيعية في محافظتي حماه وحلب بمساحة تشكل 28% من المساحة المزروعة في القطر في كل منهما، ثم إدلب بنسبة 18% و26% في باقي المحافظات. أما الإنتاج فيتركز أيضاً في حلب بنسبة 30% تليها حماه بنسبة 26% ثم إدلب 20%، و24% في المحافظات الأخرى (المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022). ويبين الشكل (1) غلة محصول البطاطا الربيعية في محافظات القطر خلال الأعوام 2018 – 2022. كما يبين الشكل (2) غلة محصول البطاطا الربيعية وتوزعها في المحافظات.



الشكل (1): غلة محصول البطاطا الربيعية على مستوى القطر خلال الفترة 2018–2022 ($Ton.ha^{-1}$)



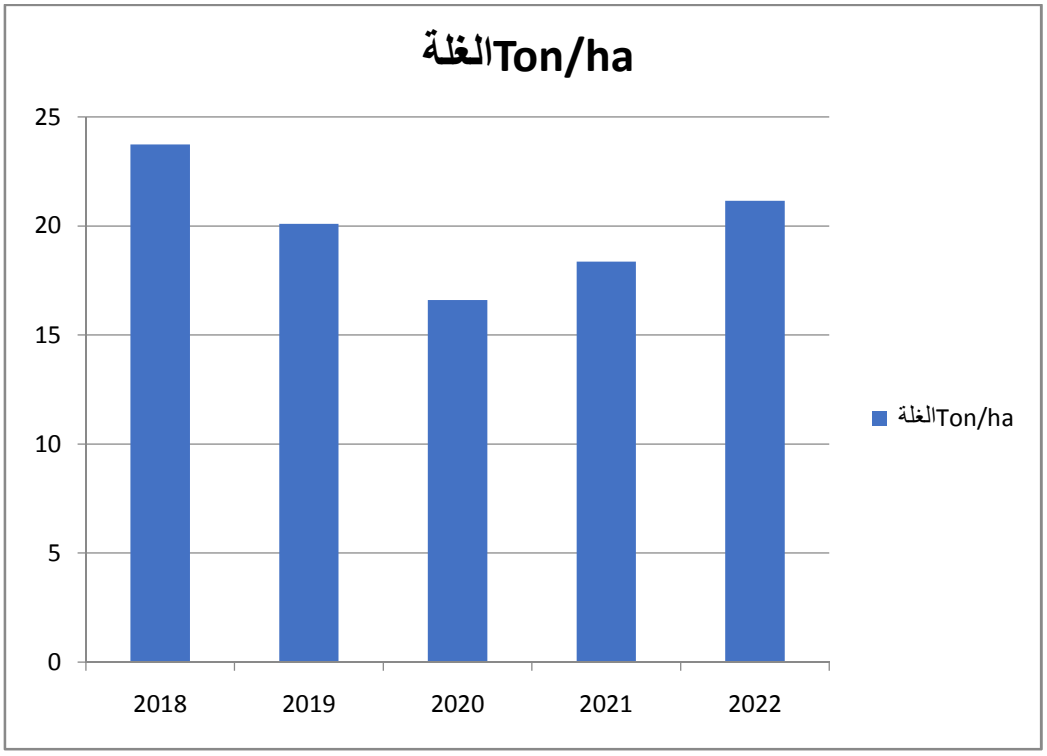
الشكل(2): غلة نبات البطاطا الربيعية في محافظات القطر لعام 2022 ($Ton.ha^{-1}$)

(المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

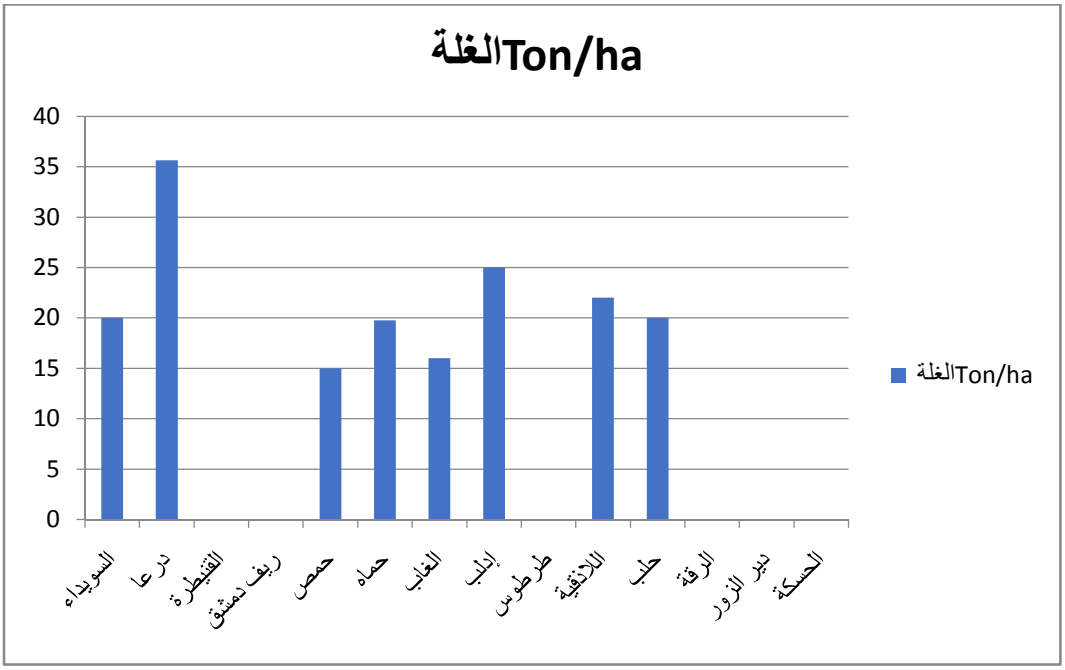
العروة الخريفية: وتزرع فيها البطاطا خلال الفترة : منتصف تموز – منتصف آب وهو الموعد الأمثل للزراعة كموسم ثاني في المناطق الدافئة الملائمة للزراعة الربيعية (بوراس وزملاؤه، 2006). تتركز في إدلب–حلب–حماه –حمص، أما فيما يخص مساحة وإنتاج هذه العروة في القطر فتشغل محافظة حماه 35%من المساحة المزروعة بالعروة الخريفية، تليها محافظة إدلب نسبة 30% تليها حلب 23%ثم حمص بنسبة 12%. أما الإنتاج فيتركز أيضاً في حماه بنسبة 37%، تليها إدلب بنسبة 30% ثم حلب 23%، ثم حمص بنسبة 10% (المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

ويبين الشكل (3) غلة محصول البطاطا الخريفية في محافظات القطر خلال الأعوام 2018 – 2022.

كما يبين الشكل (4) غلة محصول البطاطا الخريفية وتوزعها في المحافظات.



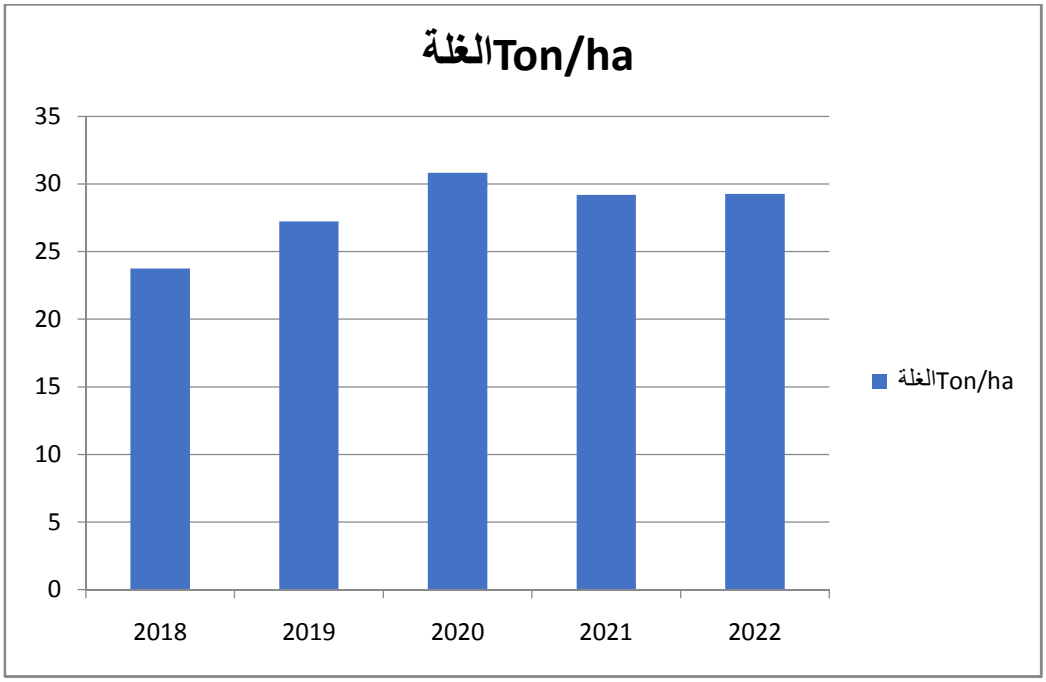
الشكل (3): غلة محصول البطاطا الخريفية على مستوى القطر خلال الفترة 2018–2022 ($Ton.ha^{-1}$)



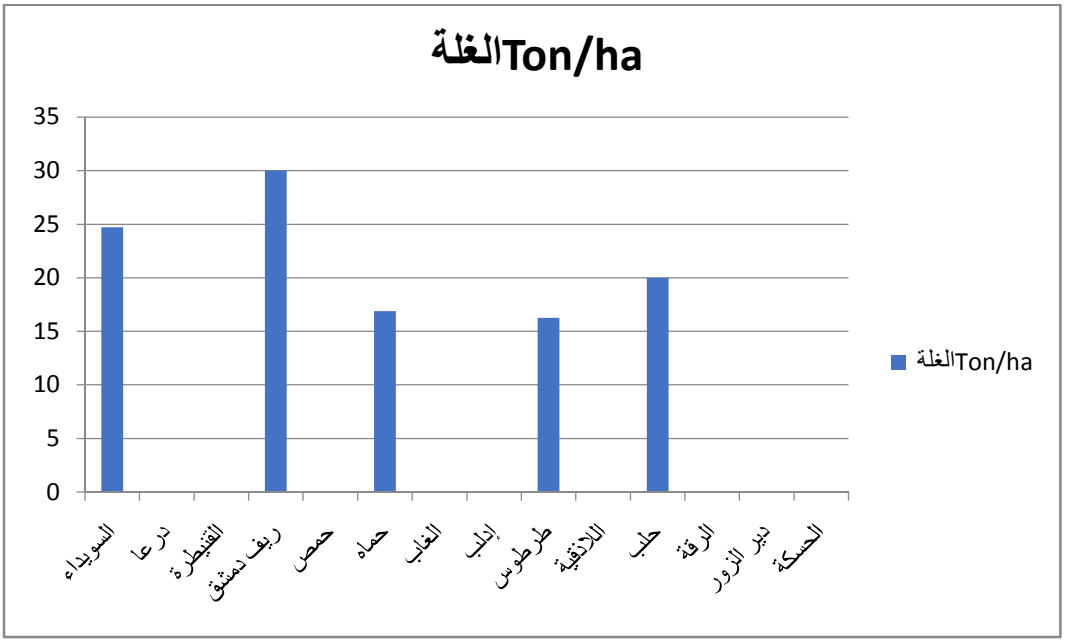
الشكل(4): غلة نبات البطاطا الخريفية في محافظات القطر لعام 2022 ($Ton.ha^{-1}$)

(المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

العروة الصيفية: تزرع فيه البطاطا خلال الفترة الواقعة بين آذار ونيسان (في حالات نادرة حتى غاية أيار) وهو الموعد الأمثل للزراعة في المناطق الباردة أو التي تتميز على الأقل بنهار حار وليل يميل إلى البرودة (بوراس وزملاؤه، 2006). تتركز في محافظة ريف دمشق في مناطق قطنا– الحرمون–الكسوة–كناكر، حيث بلغت المساحة المزروعة بالبطاطا الصيفية بعام 2005 في محافظة ريف دمشق 93%، بينما بلغت نسبة المساحة المزروعة في باقي المحافظات 7%. أما من حيث الإنتاج فبلغ النسبة 96% في محافظة ريف دمشق و4% في باقي المحافظات (المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022). ويبين الشكل (5) غلة محصول البطاطا الصيفية في محافظات القطر خلال الأعوام 2018 – 2022. كما يبين الشكل (6) غلة محصول البطاطا الصيفية وتوزعها في المحافظات.



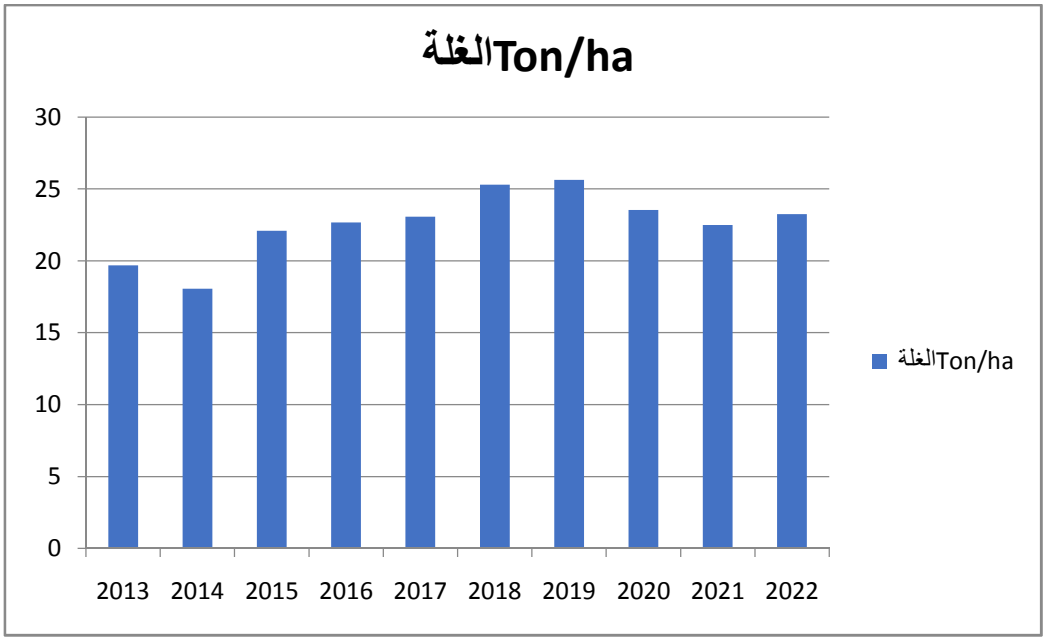
الشكل (5): غلة محصول البطاطا الصيفية على مستوى القطر خلال الفترة 2018–2022 ($Ton.ha^{-1}$)



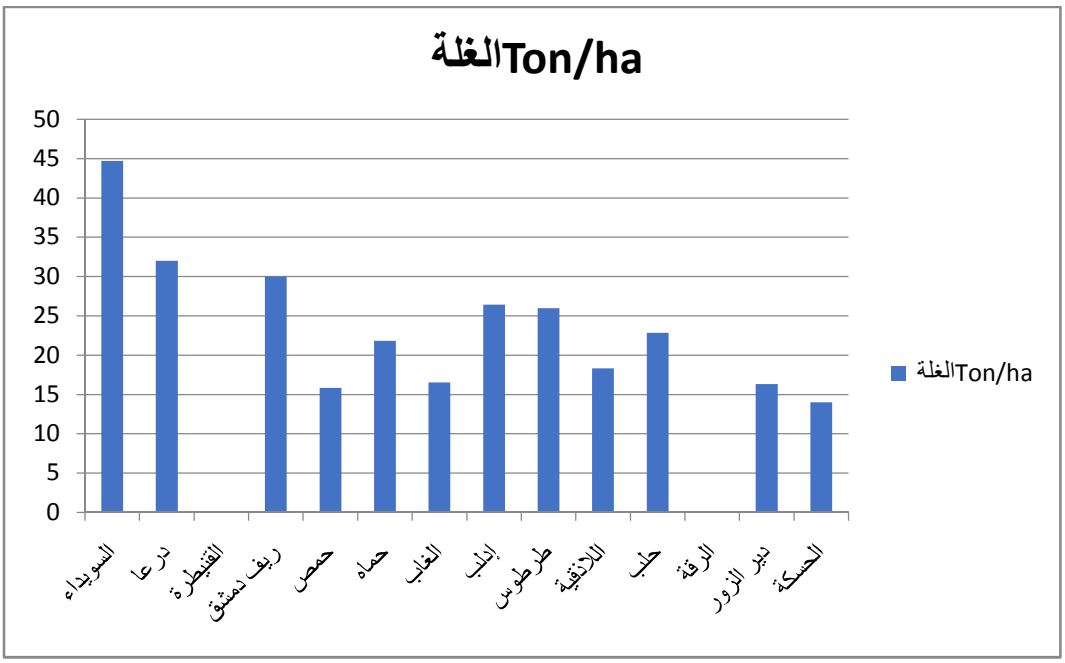
الشكل(6): غلة نبات البطاطا الصيفية في محافظات القطر لعام 2022 ($Ton.ha^{-1}$)

(المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

ويبين الشكل (7) غلة محصول البطاطا في محافظات القطر خلال الأعوام 2013 – 2022. كما يبين الشكل (8) غلة محصول البطاطا وتوزعها في المحافظات.



الشكل (7): غلة محصول البطاطا على مستوى القطر خلال الفترة 2013–2022 ($Ton.ha^{-1}$)



الشكل(8): غلة نبات البطاطا في محافظات القطر لعام 2022 ($Ton.ha^{-1}$)

(المجموعة الإحصائية الزراعية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2022).

2-9-الري الناقص

الري الناقص (DI) هو عبارة عن الري بمستوى أخفض من الاحتياجات المائية المثلى للمحاصيل، وهو استراتيجية لتوفير المياه من خلال تعريض المحاصيل لمستوى معين من الإجهاد المائي خلال فترة معينة من الموسم أو خلال كامل الموسم (Pereira *et al*., 2002)، والهدف الرئيسي من تطبيق استراتيجية الري الناقص هو رفع كفاءة استعمال المياه (WUE) من خلال تقليل كمية المياه التي يتم تزويدها بواسطة عملية الري أو من خلال تقليل عدد الريات (Kirda, 2002).

وقد تمت دراسة تأثير الري الناقص بشكل واسع في نمو وإنتاجية العديد من الخضراوات والمحاصيل الحقلية (Ertek *et al*, 2004., Amer, 2011).

ولضمان نجاح الري الناقص من الضروري الأخذ بالحسبان مقدرة التربة على حفظ الماء، ففي الترب الرملية من الممكن أن يتعرض النبات لعجز مائي بسرعة تحت تأثير الري الناقص، في حين أن النباتات المزروعة في الترب الطينية، حيث القوام الناعم لحبيبات التربة يمكن أن تبقى فترة أطول لتتكيف مع محتوى الرطوبة المنخفض، وتبقى غير متأثرة بهذا المحتوى. ولذلك فإن نجاح الري الناقص في هذه الترب أمر ممكن مع تعديل في بعض العمليات الزراعية كإنقاص الكثافة النباتية وتعديل مواعيد الزراعة، وأيضاً اختيار أصناف المحاصيل ذات فصل النمو القصير(English et al., 1990). وهناك الكثير من الأبحاث التي ركزت على ذلك، حيث أثبت El-Dewiny (2011) انخفاض إنتاجية الكوسا بزيادة العجز المائي. كما أوضح Ertek وزملاؤه (2004) أفضلية المعاملة ٨٥ % في ري نبات الكوسا من حيث الإنتاج من خلال تجربة الري الناقص بتطبيق المعاملات 85 و65 و45% من الاحتياج المائي الأساسي المقاس بوساطة حوض التبخر.

توصل أيضاً Al-Omran (2005) نتيجة مفادها أنه يمكن الحصول على إنتاجية أعلى من ثمار الكوسا عند زيادة كميات الري، حيث نفذ الباحث أربع مستويات ري باستخدام الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي (60، 80، 100، 120% ETo). أثبتت النتائج ارتفاع إنتاجية الكوسا بارتفاع مستوى الرطوبة وارتفاع كفاءة

استعمال المياه بشكل خطي بارتفاع كمية المياه المقدمة، ولكن تعود لتنخفض عند أعلى مستوى ري مطبق وهو 120%.

وقد أثبت الري الناقص نجاحه على عدة أنواع من المحاصيل والتي تكون مقاومة نسبياً للإجهاد المائي، حيث يمكن لهذه المحاصيل أن تتغلب على الإجهاد المائي الحاصل عن طريق زيادة انتشار جذورها الفعالة لتجتاز طبقات التربة الرطبة (FAO, 22).

تعتمد جدولة الري الناقص على المعلومات المقدمة من برنامج الأبحاث في قسم تغذية النبات وإدارة الأراضي والمياه بالتعاون مع قسم التقانات النووية في منظمة الأغذية والزراعة FAO/ IAEA حيث قدم Kirda (1996) دراسات لمجموعة واسعة من المحاصيل كالقطن والقمح والشوندر السكري وقصب السكر والبطاطا والذرة الصفراء، وكانت هذه الدراسات موضوع أربع سنوات من الدراسة والتجارب الحقلية، ووضعت معلومات عن استجابة هذه المحاصيل للري الناقص تبعاً لمعادلة خطية قدمت سابقاً من قبل Stewart et al., (1977) وكانت المعادلة على الشكل التالي:

$$K_y = \frac{1 - \frac{Y_a}{Y_{max}}}{1 - \frac{ET_a}{ET_{max}}}$$

حيث:

Ya: الإنتاج الفعلي للمحصول في حالة الري الناقص(كغ/هـ).

Ymax: الإنتاج الأعظمي (المتوقع) للري الكامل (كغ/هـ).

ETa: معدل النتح والتبخر (الاستهلاك المائي) نتيجة الإجهاد المائي (مم).

ETmax: معدل النتح والتبخر (الاستهلاك المائي) في حال عدم وجود إجهاد مائي (مم).

Ky: معامل استجابة المحصول للري الناقص.

حيث تقاس استجابة المحصول لنقص الماء بالمعامل Ky والذي يشير إلى الانخفاض النسبي لمردود المحصول نتيجة النقص النسبي في الاستهلاك المائي (عن طريق النتح والتبخر) للمعاملة المطبق عليها الري الناقص بالنسبة إلى معاملة الري الكامل، وهذه العلاقة قد تستمر طيلة فترة النمو أو تحدث خلال مرحلة أو أكثر من فترات النمو (Kirda, 2002). وتعزى أهمية هذا المؤشر بأنه يعكس حساسية المحصول المدروس للجفاف ومقدار تحمله للاجهاد المائي وبالتالي نجاح عملية الري الناقص (Kirda, 2002). حيث يعد هذا المؤشر مقياساً لدرجة تحمل النبات لنقص المياه عند تطبيق الري الناقص وعادة ما تبدي قيمته اختلافات كبيرة حسب نوع وصنف المحصول وموسم زراعته ومرحلة نموه. وبين Steduto et al., (2012) دلالات قيمة هذا المعامل، ففي حال:

Ky أكبر من 1: فإن ذلك يدل على أن المحصول شديد الحساسية لتطبيق الري الناقص حيث يحدث انخفاضاً كبيراً في الإنتاج نتيجة لانخفاض استهلاك المياه.

Ky أصغر من 1: يبدي المحصول تكيفاً أكبر مع نقص المياه حيث أن الإجهاد الحاصل يسبب انخفاضاً جزئياً في الإنتاج.

Ky يساوي 1: انخفاض الإنتاجية متناسباً بشكل مباشر مع انخفاض الاستهلاك المائي. حيث بلغت قيمة هذا العامل عند تطبيق الري الناقص على نبات البطيخ 1.1 مما يعكس حساسية النبات لتحمل ظروف الري الناقص (Steduto *et al.*, 2012).

وتوصل Amer (2011) عند تقييم الإنتاجية واستجابة محصول الكوسا للري الناقص Ky بتطبيق نظام الري السطحي والتنقيط خلال فصلي النمو الربيع والخريف إلى انخفاض إنتاجية المحصول باستمرار وبشكل خطي نتيجة خفض كمية المياه المطبقة في منطقة الجذور الفعالة عند تطبيق الري الناقص. كما وجد أن تطبيق مستويات مفرطة من الري والتي تزيد عن قيمة الاستهلاك المائي اللازم للنبات، تؤدي إلى انخفاض إنتاجية النبات بشكل خطي.

وبالرغم من النتيجة التي توصل إليها Kirda وزملاؤه (2004) والتي تؤكد العلاقة الخطية بين الانخفاض النسبي للإنتاجية نتيجة الانخفاض النسبي للاستهلاك المائي عند تطبيق الري الناقص على محصول البندورة فإن العديد من التجارب أكدت اختلاف هذه القيمة حسب مرحلة النمو. حيث كانت هذه القيمة عند تطبيق الري الناقص خلال المرحلة الأولى من إنتاج نبات الذرة 2.3 بينما بلغت قيمتها عند الإنتاج الأعظمي 0.2 (Steduto *et al.*, 2012).

كما تراوحت قيمة معامل استجابة محصول الخيار للري الناقص Ky في تجربة Alomran وزملائه (2013) بين 0.57-0.76، وذلك خلال المرحلة الوسطى من موسم النمو، فيما بلغ متوسط قيمة هذا المعامل خلال مراحل نمو الخيار المزروع ضمن البيوت البلاستيكية 0.6455. عند مقارنة هذه التجربة مع تجربة الباحث نفسه ولكن بظروف مختلفة وهي الزراعة ضمن الحقل المكشوف، ظهرت حساسية نبات الخيار لتطبيق الري الناقص في كافة المعاملات وتراوحت قيمة معامل الاستجابة Ky بين 0.96 و 1.02. بينما بين Ayas (2009) and Demirta أن معامل استجابة محصول الخيارKy المزروع في البيوت البلاستيكية غير المزودة بالتدفئة تراوح بين 0.196 و1.31 حسب مرحلة النمو. وبالمقابل أثبت Amer (2009) نجاح تطبيق الري الناقص على نبات الخيار المزروع حقلياً، حيث تراوح معامل استجابة المحصول بين القيمتين 0.71 و0.85، وهذا يثبت نجاح تطبيق الري الناقص من خلال قدرة نبات الخيار على تحمل ظروف نقص المياه وتعد هذه النتيجة متوافقة مع التي توصل إليها Alomran (2014).

2-10-الري الناقص على البطاطا

تهدف أبحاث تطبيق الري الناقص على بات البطاطا إلى تقييم آثار نقص مياه الري على محصول البطاطا وتحسين كفاءة استعمال المياه باستخدام هذه التقنية (Kifle *et al.*, 2024). ويعد الري الناقص طريقة واعدة تتمثل في تقليل مدخلات المياه مقارنةً بالحد الأقصى الذي يحتاجه المحصول، بحيث لا يؤثر الإجهاد المفروض بشكل كبير على الإنتاجية، بهدف التحكم في النمو الخضري وتحسين كفاءة استخدام مياه الري (IWUE)

(Costa *et al*., 2007; Geerts and Raes, 2009). ويعرف الري الناقص على أنه تعريض المحصول لمستوى معين من الإجهاد المائي إما خلال فترة محددة أو طيلة موسم النمو بأكمله (Kirda, 2000). كما تطبق طريقة الري الناقص في كل أنحاء العالم من أجل الاستغناء عن كمية معينة من مياه الري ليس لها تأثير يذكر على المحصول، وذلك من أجل توفير عوائد اقتصادية أكبر عن طريق زيادة الإنتاجية لكل وحدة مياه في ظروف ندرة إمدادات المياه (Kirda *et al.,* 1999).

ولعل أحدث أبحاث الري الناقص على البطاطا تلك التي نفذها Kifle وزملاؤه (2024) في إثيوبيا، وكانت المعاملات ١٠٠% من الاستهلاك المائي، 85% من الاستهلاك المائي، 70% من الاستهلاك المائي، 55 % من الاستهلاك المائي، وذلك خلال كامل موسم النمو وبنفس الفترة بين الريات خلال كافة المعاملات.

وقد أظهرت النتائج فروقاً كبيرة ومعنوية بين كافة المعاملات، حيث انخفض إنتاجية البطاطا بشكل ملحوظ مع انخفاض مستويات الري المطبقة. كما تم الحصول على أقصى إنتاجية ($35980.6\ Kg.ha^{-1}$) في معاملة الري الكامل. بينما كانت أقل إنتاجية لمحصول البطاطا ($22900\ Kg.ha^{-1}$) في معاملة الري الناقص بنسبة 55% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو. أما أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه فكانت في معاملة الري الناقص بنسبة 55% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو، حيث بلغت القيمة ($6.9\ Kg.m^{-3}$). وتلتها معاملة الري الناقص 85% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو بقيمة بلغت ($5.9\ Kg.m^{-3}$). وبالتالي توصل الباحثون إلى أن الإجهاد المائي في الري طوال الموسم أدى إلى انخفاض كبير في إنتاجية محصول البطاطا. حيث أدى تطبيق معاملات الري الناقص بنسبة 85% و70% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو إلى تقليل الإنتاج بنسبة ١٧.٥% و٢٣.٢ % على التوالي مقارنةً مع معاملة الري الكامل.

لذلك فإنه في المناطق التي تتوفر فيها كمية كافية من المياه، يوصي الباحثون بالري الكامل للحصول على أقصى إنتاجية. إلا في المناطق التي يكون فيها توفر المياه عامل محدد للغاية يمكن تطبيق معاملة الري الناقص بنسبة 85% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو، مع العلم أنها حققت في البحث إنتاجية أقل وبفروق ذات دلالة إحصائية مقارنةً مع معاملة الري الكامل.

كما نفذ Ierna وMauromicale (2023) أبحاثهما في إيطاليا بتطبيق الري الناقص على البطاطا صنفي Arinda وTimate بموسمي نمو وبخمس معاملات ري وهي: معاملة التحكم في الجفاف بتطبيق الري الناقص فقط بعد ظهور النباتات، معاملة التحكم المروي بالري طيلة موسم النمو بنسبة 100% من الاستهلاك المائي (الري الكامل)، الري بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو ٥٠% من الدرنات ثم إيقاف الري من مرحلة نمو ٥٠% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات، الري بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 100% من الدرنات ثم الري بنسبة 50% من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات، الري بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 100% من الدرنات ثم الري بنسبة 75% من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات.

وقد أكدت النتائج أن معاملة الري الناقص بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 50% من الدرنات ثم إيقاف الري من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات قد خفضت إنتاجية الدرنات بنسبة 18% مقارنةً مع الإنتاجية في معاملة الري الكامل، لكنها حققت ارتفاعاً بقيمة كفاءة استعمال المياه مقارنة بالري الكامل بنسبة 110% مما أدى إلى توفير كمية كبيرة من مياه الري.

كما ظهرت أعلى قيمة لإنتاجية المادة الجافة في معاملتي الري الكامل ومعاملة الري الناقص بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 100% من الدرنات ثم الري بنسبة 75% من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات بفروق غير معنوية وقيم متقاربة حوالي $2.63\ Ton.ha^{-1}$. بينما كانت أخفض قيمة لإنتاجية المادة الجافة في معاملة تطبيق الري الناقص فقط بعد ظهور النباتات ومعاملة الري الناقص بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 50% من الدرنات ثم إيقاف الري من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات بقيم تقارب $0.89\ Ton.ha^{-1}$. وفي كلا الموسمين كانت أخفض قيمة للإنتاجية في معاملة تطبيق الري الناقص فقط بعد ظهور النباتات وكانت تقارب $19.8 Ton.ha^{-1}$. وكانت أعلى قيمة للإنتاجية في معاملة الري الكامل وهي $47.9\ Ton.ha^{-1}$، بينما كانت قيم

الإنتاجية في معاملتي الري الناقص الري بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 100% من الدرنات ثم الري بنسبة 50% من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات، والري بنسبة 100% من الاستهلاك المائي من مرحلة تشكل الدرنات حتى مرحلة نمو 100% من الدرنات ثم الري بنسبة 75% من مرحلة نمو 50% من الدرنات إلى نهاية نمو الدرنات. كما كان الصنف Arinda هو الأكثر حساسية لتطبيق الري الناقص مقارنةً مع الصنف Timate.

بينما كانت نتائج El Bergui وزملائه (2020) في المغرب مغايرة للنتائج التي تم ذكرها. حيث طبقت تجارب الري الناقص على نبات البطاطا صنف Desiree باستخدام الري بالتنقيط. وكانت المعاملات على النحو التالي: ري كامل 100% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو، ري ناقص 75% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو، ري ناقص 50% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو.

كما أظهرت النتائج أن متوسط عدد الدرنات على النبات الواحد كان متقارباً جداً بين المعاملات على الرغم من محدودية المياه في بعضها. حيث بلغت قيمة متوسط عدد الدرنات على النبات الواحد في معاملة الري الناقص بنسبة 50% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو 6.83 درنة لكل نبات. بينما بلغت القيمة في معاملة الري الكامل 100% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو 8.75 درنة لكل نبات. ولكن في المقابل لم تكن النتائج الخاصة بإنتاجية النبات الواحد عند الحصاد مشابهة لعدد الدرنات. حيث كان التأثير كبيراً لمستوى الري المطبق في هذا المؤشر. حيث حققت معاملة الري الناقص 75% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو أعلى قيمة بمتوسط 1.15Kg/ Plant، تلتها معاملة الري الكامل بمتوسط 1.12 Kg/ Plant. بينما كانت أقل قيمة لإنتاجية النبات الواحد في معاملة الري الناقص 50% من الاستهلاك المائي بمتوسط 0.62 Kg/ Plant.

أما فيما يتعلق بالإنتاجية، بلغت أعلى قيمة لها في معاملة الري الكامل 100% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو، 42.51 $Ton.ha^{-1}$، بينما كانت أقل قيمة للإنتاجية في معاملة الري الناقص 50% من الاستهلاك المائي ، وبلغت 20.96 $Ton.ha^{-1}$.

ومن جهة أخرى، حققت معاملة الري الناقص 75% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو أعلى قيمة لحجم درنة البطاطا بمتوسط 58.40 mm، تلتها معاملة الري الكامل بمتوسط 57.31mm. أما أقل قيمة لحجم الدرنة فكانت في معاملة الري الناقص 50% من الاستهلاك المائي بمتوسط 49.96 mm. وبالنتيجة على الرغم من أنه لم يكن هناك فروقاً معنوية في الإنتاجية بين المعاملتين الري الكامل والري الناقص بنسبة 75% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو إلا أن المعاملة 50% من الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو قد أدت إلى انخفاضاً في الإنتاجية بنسبة 49%. بينما أوضح الباحثون أنه تحت ظروف تجربتهم يمكن أن يوصى بخفض كمية مياه الري المقدمة بنسبة 33% في بداية موسم نمو البطاطا بشرط وجود أمطار غزيرة. إلا أنه إذا لم تتوفر الأمطار الغزيرة خلال المرحلة الأولى من النمو فيجب تطبيق الري الكامل.

كذلك نفذ Tolba وزملاؤه (2023) تجارب الري الناقص في مصر على ثلاثة أصناف من البطاطا Spunta (سبونتا) وHermes وCara بأربعة مستويات للري 120، 100، 80، 60% من الاستهلاك المائي تحت نظام الري بالتنقيط السطحي (SDI) والري بالتنقيط تحت السطحي (SSDI).

سجل الصنف سبونتا أعلى القيم لمتوسط وزن الدرنات وإنتاجية النبات الواحد، تليها Cara وHermes. في المقابل، أظهر الصنف Cara أعلى قيمة معنوية لعدد الدرنات/النباتات، في حين لوحظت أقل القيم مع الصنف Sponta (سبونتا). ومن جهة أخرى، كشفت البيانات التي تم الحصول عليها عن تأثير أنظمة الري على خصائص إنتاجية محصول البطاطس أن أداء نظام الري بالتنقيط تحت السطحي يتفوق بشكل كبير على نظام الري بالتنقيط السطحي في جميع معايير الإنتاج. حيث أنه في كلا موسمي النمو، تفوق نظام SSDI على نظام SDI في متوسط إنتاجية النبات وعدد الدرنات على النبات الواحد.

كما أشارت النتائج إلى ارتفاع قيمة كل من ارتفاع النبات، عدد الأوراق، الوزن الرطب للمجموع الخضري، إجمالي المساحة الورقية للنبات الواحد بزيادة مستوى الري المطبق وبفروق معنوية. في حين أن عدد السيقان الرئيسية والوزن الجاف للأوراق على النبات الواحد لم تسجل اختلافات كبيرة بين معاملتي الري 120 و100% من الاستهلاك المائي. بينما سجلت المعاملة 60% من الاستهلاك المائي أقل القيم فيما يخص متوسط وزن

الدرنات وإنتاجية النبات الواحد وبفروق معنوية مقارنة مع بقية المعاملات. الأمر الذي يؤكد تأثر البطاطس المزروعة في الصيف بشكل متزايد بنقص رطوبة التربة بسبب عدم كفاية الري وارتفاع الطلب على المياه.

كذلك طبق الباحثان Gultekin وErtek (2018) في تركيا أبحاثهما في الري الناقص على البطاطا صنف Agria بتطبيق خمسة مستويات للري (100, 85, 70, 55, 40%) وكانت الفترة بين الريات موحدة في جميع المعاملة وهي خمسة أيام.

وأشارت النتائج إلى أن نقص المياه كان له تأثير معنوي في الإنتاجية، ووزن الدرنة الواحدة، ونسبة الدرنات القابلة للتسويق، وطول النبات، ومتوسط طول الدرنة، ومتوسط قطر الدرنة، ونسبة تقشير الدرنات. أظهرت النتائج أن معاملة الري الكامل بشكل خاص كانت ذات أهمية قصوى بالنسبة لأعلى نسبة من الدرنات القابلة للتسويق والتي يتم الحصول عليها لكل وحدة مياه مطبق. لذلك. وبالتالي أكد البحث على أهمية الري الكامل لنبات البطاطا (العروة الصيفية).

2-11-الري الجزئي المتناوب

يعد التجفيف الجزئي لمنطقة الجذر، المعروف باسمPRD ، بمثابة تطور للري الناقص DI وهو أحد التقنيات الواعدة لتوفير مياه الري (Dodd et al., 2015).

نفذ حسين (2012) دراسة على نبات القطن المزروع حقلياً في محطة دير الحجر التابعة لهيئة الطاقة الذرية في جنوب شرق مدينة دمشق، وتضمنت 8 معاملات ري وهي: ري كامل وري جزئي متناوب وري ناقص بمعدلات ري (100-80-65-50%) من الاستهلاك المائي الموسمي. وبينت النتائج تفوق معاملات الري الجزئي المتناوب كلها في إنتاجيّتها على مثيلاتها من معاملات الري الناقص العادي. حيث لم تتأثر المواصفات التكنولوجية للألياف بدرجة كبيرة نتيجة التعرض للإجهاد المائي، وبقيت ضمن الحدود القياسية المعتمدة للصنف.

ومن جهة أخرى فقد تراوحت قيم WUE بين $0.77\ Kg.m^{-3}$ و0.63 في معاملات الري المختلفة. وكانت قيم WUE في معاملات الري المتناوب أعلى من قيمها في مثيلاتها من معاملات الري العادي.في حين ازدادت قيم

WUE مع انخفاض الاستهلاك المائي للمحصول لتصل إلى قيمة قصوى عند مستوى الري 80%. كما أوصى الباحث بتطبيق الري الجزئي المتناوب على القطن بمستوى ري 80% لتوفيره المياه بنسبة أكبر من الري العادي (الكامل والناقص) مع الحفاظ على استقرار إنتاجية نبات القطن.

كما طبق الضرير وزملاؤه (2011) تجارب الري الجزئي المتناوب على محصول الذرة الصفراء في محطة بحوث تل حديا شما سورية بتنفيذ ثلاثة مستويات للري (65%-85%-100) من السعة الحقلية وذلك بتطبيق نمطين من الري الجزئي المتناوب. النمط الأول خط ري تنقيط لحطي نبات والنمط الثاني طريقة الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور PRD. حيث تم ري نصفي المجموع الجذري بالتناوب. وذلك لمعرفة مدى استجابة الغلة الحبية وكفاءة استخدام المياه لمعاملات الري وطريقتي الري الجزئي المتناوب المطبقتين. ووجد الباحثون أنه عند تساوي التبخر نتح بكلتا الطريقتين، يكون هناك زيادة بالإنتاج حوالي 40% عند استخدام طريقة الري الجزئي المتناوب (ري نصفي المجموع الجذري بالتناوب) كما بلغت كفاءة استخدام المياه $26.3Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ للمعاملة 100% للطريقة الثانية. بينما بلغت $11.7Kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ بالطريقة الأولى. وبالتالي بين الباحثون أهمية استخدام طريقة الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور (ري نصفي المجموع الجذري بالتناوب) على محصول الذرة الصفراء كونها تحقق وفراً بالمياه بنسبة 50% تمكن من ري مساحات إضافية، مع عدم وجود فروق معنوية في الإنتاجية بين المعاملتين.

كما بين Eugenio وزملاؤه (2012) في دراسة نفذت في جنوب إيطاليا على نبات البندورة المزروع حقلياً تم فيها استخدام ثلاثة معاملات ري الأولى بنسبة 70% من البخر والنتح الأعظمي ETc تحت الري الناقص ومعاملة الري الجزئي لمنطقة الجذور بنسبة بنسبة 70% من البخر والنتح الأعظمي بالإضافة لمعاملة الري الكامل.

أدت معاملتي الري الجزئي المتناوب والناقص لتوفير كمية مهمة من الماء علاوة على ذلك فقد أظهرت معاملة الري الجزئي المتناوب قيم لكفاءة استخدام مياه أعلى بقليل مما هي عليه من الري الناقص، وأظهر عامل

استجابة المحصول قيماً أقل من الواحد مشيراً إلى إمكانية اعتماد كل من معاملتي الري الناقص و الري الجزئي المتناوب ضمن حدود معينة.

وفي دراسة نفذها الباحثان Kirda و Dasgan (2006) في المغرب على نبات البندورة المزروع ضمن أصص حيث تم تقسيم المجموع الجذري إلى قسمين متساويين وضعا في أكياس بلاستيكية منفصلة محتويين نفس سماد الكومبوست وكان يتم تناوب عملية الري كل 10أيام عندما يصبح المحتوى الرطوبي للتربة 30% وأكدت النتائج انخفاض ارتفاع النبات في نهاية التجربة في معاملة الري المتناوب بنسبة 26% مقارنة مع الري الكامل بالإضافة للانخفاض في النمو الورقي (عدد الأوراق بنسبة 10% والمساحة الورقية22%) وأظهر الري الجزئي المتناوب تأثيراً معنوياً بالنسبة للنمو الجذري والخضري إلا أن معدلات النمو الجذري إلى الخضري كانت متشابهة أما فيما يخص كفاءة استعمال المياه فقد حققت معاملة الري الجزئي المتناوب قيمة أعلى مماهي عليه في الري العادي حيث قدرت القيمة كوزن جاف للثمار لكل وحدة من الاستهلاك المائي للنبات ولقد بلغت عند الري الجزئي المتناوب(0.34g fruit DW.dm-3) بينما بلغت القيمة (0.214)في معاملة الري الكامل

وأجرى Zegbe (2006) دراسة في نيوزلاند على نبات البندورة المزروع ضمن البيت الزجاجي. وبعد 40 يوم من الزراعة تم التشتيل في صناديق خشبية. وتم دراسة 4 معاملات ري: (ري كامل عادي،ري متناوب بتطبيق فترات زمنية مختلفة قبل التحول لري الجزء الآخر الجاف من الجذر وكانت الفترات (6-4-2 أيام).

حققت معاملات الري المتناوب كفاءة استخدام مياه أعلى بتوفير مياه بنسبة 50% ،كما أنه على الرغم من انخفاض نسبة الكتلة الجافة للثمار بنسبة23% في معاملة الري المتناوب فإنها حققت ارتفاعاً في تركيز المواد الصلبة المنحلة مقارنة مع معاملة الري الكامل.

وأظهرت نتائج دراسة نفذت في الصين من قبل (SU et al ., 2010)على نبات الباذنجان المزروع في تربة معبأة ضمن صناديق زجاجية تأثير عملية الترطيب المتناوب في نمو الجذر حيث تعزز من زيادة الوزن الجاف للجذر،كثافة الجذر و ومعدل المجموع الخضري حيث حقق كلاً من نمو المجموع الخضري والوزن الجاف للجذر

والكثافة لدى معاملة الري الجزئي المتناوب نتائج إيجابية بفروق معنوية مقارنة مع الري الكامل .أما فيما يخص عدد الثمار في النبات الواحد فلم تلاحظ في هذه التجربة أية فروقا معنوية على مستوى المعاملات

إلا أن معاملة الري الجزئي المتناوب 85%-50 قد تفوقت بفروق معنوية عن معاملتي الري الناقص والري الجزئي المتناوب70-30 في تحقيق الوزن الجاف الأعلى للثمرة.

أما فيما يخص كفاءة استخدام المياه فكانت كمية مياه الري المقدمة للنبات في معاملة الري الكامل أعلى بنسبة 29.4% و57.1% إلا أن ذلك أدى إلى انخفاض في الإنتاجية لمعاملة الري الكامل مقارنة مع معاملة الري الجزئي المتناوب 85%-50 وبالتالي كانت كفاءة استعمال المياه في معاملة الجزئي المتناوب85-50% أعلى من معاملة الري الكامل بنسبة,44.1% وهذا ما يجعل النتائج تؤكد ملاءمة معاملة الري الجزئي المتناوب-85 50%كنمط هام لري الباذنجان

2-12-مقارنة تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص على نبات البطاطا

تعد البطاطا من أكثر المحاصيل حساسية للإجهاد المائي، كما يشكل الري مكونًا أساسيًا لإنتاج البطاطا في المناطق الجافة وشبه الجافة. لذلك، وفي ظل ظروف ندرة المياه في هذه المناطق لابد من تنفيذ الأبحاث لمعرفة مدى استجابة البطاطا لظروف تطبيق تقنيات الري الموفرة للمياه (Nasseri and Bahramloo, 2013).

ومن أهم تجارب الري الجزئي المتناوب والري الناقص المطبقان على البطاطا التجارب التي نفذها Elhani وزملاؤه (2019) في المغرب، وذلك بتطبيق تجربتي الري الجزئي المتناوب والري الناقص على البطاطا. حيث أظهرت النتائج عدم وجود فروق معنوية في الغلة بين معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص المطبق على البطاطا، بينما توصلوا إلى أن تطبيق الري الجزئي المتناوب قد حقق محتوى أكبر من السكر والبروتين في درنات البطاطا الناتجة. مما يعكس تكيفاً أكبر لدرنات البطاطا في تقنية الري الجزئي المتناوب مقارنة مع الري الناقص. من جهة أخرى كان عدد السيقان في النبات أكبر في معاملات الري الجزئي المتناوب مقارنة مع معاملات الري الناقص. بينما كان ارتفاع النبات أكبر في معاملات الري الناقص.

كما نفذ Ahmadi وزملاؤه (2014) في إيران نمطين من الري الجزئي المتناوب والناقص وهما النمط الثابت والنمط المتغير على نبات البطاطا صنف (Agria و Ramos)، حيث تم تغيير مستوى الإجهاد المائي المطبق على المعاملة خلال مراحل نمو المحصول في الري الجزئي المتناوب والناقص المتغير، بينما كان مستوى الإجهاد المائي المطبق للمعاملة الواحدة ثابتاً في الري الناقص والجزئي المتناوب بالنمط الثابت. وتم تطبيق خمس معاملات ري: معاملة الري الكامل (100% ET)، معاملة الري الناقص بمعدل ثابت وهو 75% من الاستهلاك المائي وخلال كافة مراحل النمو. معاملة الري الجزئي المتناوب بمعدل ثابت 75% من الاستهلاك المائي، ومعاملة الري الناقص بمستوى ري متغير. حيث كان مستوى الري المقدم 90% من الاستهلاك المائي خلال المرحلة الأولى من النمو (النمو الخضري)، و75% من الاستهلاك المائي خلال المرحلة الثانية من النمو(تكوين الدرنات)، و50% خلال المرحلة الأخيرة من النمو (ملء الدرنات والحصاد)، معاملة الري الجزئي المتناوب بمستوى ري متغير. حيث كان مستوى الري المقدم 90% من الاستهلاك المائي خلال المرحلة الأولى من النمو، و75% من الاستهلاك المائي خلال المرحلة الثانية من النمو، و50% خلال المرحلة الأخيرة من النمو. وكانت الفترة بين الريات لكافة المعاملات 7 أيام، كما اعتمدت كمية المياه المستهلكة من قبل النبات على معدل التبخر– نتح اليومي. كما تم تطبيق جميع المعاملات بعد 35 يوم من الزراعة. وبينت النتائج انخفاض إنتاجية معاملات الري الجزئي المتناوب مقارنة مع الري الكامل بفروق معنوية. وعلى الرغم من عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية في محصول الدرنات الطازجة للبطاطا بين المعاملات FI, SDI, DDI بقيم (34.73- 33.38- 32.41 $Ton.h^{-1}$)، على التوالي كانت هناك اختلافات كبيرة بين FI و المعاملات PRD و SPRD و DPRD بقيم $Ton.h^{-1}$ 34.73، 15.23 ، 16.88 ، على التوالي . (تم العثور على نفس النتائج أيضًا للوزن الجاف للدرنة، حيث كان لدى FI و DI SDI و DDI أوزان جافة أعلى بشكل ملحوظ مما هي عليه في المعاملات PRD SPRDو DPRD . وبالتالي من الواضح أيضًا أن استراتيجية الري الناقص SDI و DDIقد تفوقت على PRD من خلال إنتاج أكثر من مرتين من عائد درنة جديدة. وبالتالي قللت استراتيجية الري الجزئي المتناوب من عائد البطاطا مقارنة مع FI ، واستراتيجية الري الناقص. إلا أن هذه النتائج كانت

مغايرة لنتائج Shahnazari وزملاؤه 2007؛ SAeed وآخرون (2008) ؛ Ahmadi وآخرون 2010. الذين أظهروا أنه لم تكن هناك اختلافات كبيرة بين ناتج الدرنات الطازجة للبطاطا تحت تأثير الري الكامل FI والري الجزئي المتناوب PRD.

وكذلك انخفضت كفاءة استعمال المياه في معاملتي الجزئي المتناوب بمعدل ثابت ومتغير بنسبة (40% و31% من الاستهلاك المائي على التوالي) مقارنة بمعاملة الري الكامل، بينما ارتفعت كفاءة استعمال المياه في معاملتي الري الناقص بمعدل ثابت و الناقص المتغير بنسبة (28% و34%) على التوالي مقارنة بمعاملة الري الكامل. مما يؤكد أفضلية الري الناقص مقارنة بالري الجزئي المتناوب تحت ظروف هذه التجربة.

وبالنتيجة أوصى الباحث تحت ظروف تجربته بتطبيق الري الناقص المتغير حيث كان انخفاض الإنتاجية أقل ما يمكن مع تحقيق ارتفاعاً" في كفاءة استعمال المياه لتبلغ أعلى قيمة مقارنة مع بقية المعاملات.

من جهة أخرى، نفذ Ali و Karim (2002) تجاربهما في بنغلادش بتطبيق الري الناقص على نبات البطاطا صنف (Cardinal) خلال مراحل مختلفة من النمو، وتوصلا إلى انخفاض إنتاجية البطاطا عند تطبيق الري الناقص خلال مراحل النمو المبكرة. بينما أكدت النتائج إمكانية تطبيق الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج دون إحداث أي انخفاض معنوي في الإنتاجية. كما أجرى صالح وشهاب (2014) في محطة أبحاث كلية الزراعة في جامعة تكريت في العراق تجارب الري الناقص على نبات البطاطا صنف (Rudolph)، بأربع معاملات الري الكامل (الري عند استنفاذ 35% من الماء المتاح) والري الناقص بقطع ريتين عند كل من مراحل النمو الخضري، تشكيل الدرنات، وملء الدرنات (1813-1646).

وبينت النتائج أن معاملة الري الناقص بقطع ريتين خلال مرحلة ملء الدرنات قد أعطت أعلى إنتاج بفروق معنوية مقارنة مع بقية المعاملات التي طبق فيها قطع ريتين خلال مراحل نمو النبات الحساسة لنقص المياه. حيث أعطت معاملة الري الناقص بقطع ريتين خلال مرحلة النمو الخضري أقل إنتاجية. وقد بلغت نسبة الزيادة

في هذه المعاملة (10.3 و19.2 و14.1%) مقارنةً مع معاملات الري الكامل، الري الناقص بقطع ريتين خلال مرحلة النمو الخضري، ومعاملة الري الناقص بقطع ريتين خلال مرحلة تشكيل الدرنات (1813-1646).

إلا أن مراعاة موعد تطبيق الري الجزئي المتناوب يحدد نجاح تطبيق هذه التقنية على محصول البطاطا خصوصاً. لذلك درس Shahnazari وزملاؤه (2008) دراسة تأثير الري الكامل والري الناقص في كفاءة استعمال مياه الري لمحصول البطاطا صنف (Folva)، وذلك في محطة البحوث العامة في الدنمارك بتطبيق معاملة الري الكامل (100% ETc)، والري الجزئي المتناوب بمعدل 70% من الري الكامل وذلك فقط خلال مرحلة تكون الدرنات ونموها ومرحلة النضج، بينما كان يتم الري بمعدل الري الكامل خلال المراحل الأخرى لهذه المعاملة. أما المعاملة الثالثة فتم تطبيق الري الناقص العادي خلال كامل فترة نمو المحصول، وفي المعاملة الرابعة تم تطبيق الري الجزئي المتناوب بمعدل 70% خلال كامل فترة نمو المحصول أيضاً. ولقد لوحظ انخفاض إنتاجية البطاطا في معاملتي الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب اللتين تم تطبيقهما خلال كامل مراحل نمو المحصول. وهذا مشابه لما توصل إليه Kirda وزملائه (1999). بينما كانت إنتاجية معاملة الري الجزئي المطبقة خلال مرحلة نمو الدرنات ونضج المحصول مشابهة إحصائياً للإنتاجية في معاملة الري الكامل مع توفير 30% من مياه الري. ومن ناحية أخرى أكدت نتائج هذا البحث انخفاض الأثر المتبقي للآزوت في التربة في عمق المجموع الجذري (حتى 50 cm) في معاملات الري الجزئي المتناوب.

حيث لم يبد الري الناقص أي نتائج إيجابية من حيث الإنتاجية وكفاءة استعمال المياه مقارنة مع الري الكامل، وربما قد يعود ذلك إلى تطبيقه خلال مراحل النمو المبكرة من حياة النبات. وهذا ما توصل إليه أيضاً Ahmadi وزملاؤه (2017)، بعد أن طبق الري الناقص بطريقتين بمعدل ثابت ومعدل متغير على مختلف مراحل النمو.

ودرس Shahnazari وزملاؤه (2007) تأثير الري الكامل والري الجزئي المتناوب في حجم الدرنات وكفاءة استعمال مياه الري لمحصول البطاطا صنف Folva . وأثبتت نتائج هذا البحث أن تطبيق الري الجزئي المتناوب يوفر (30%) من مياه الري مقارنة بالري الكامل، مما يؤدي بدوره إلى رفع كفاءة استعمال مياه الري بنسبة (61%)، مع المحافظة على الإنتاجية الكمية والنوعية مقارنة بالري الكامل. وتم فرز الدرنات بعد الحصاد بناء

على حجمها من الناحية التسويقية إلى صفوف وقد كانت حجوم درنات البطاطا في معاملة الري الجزئي المتناوب في إحدى الصفوف أكبر وبفروق معنوية بنسبة (20%) بالمقارنة مع حجوم الدرنات في معاملة الري الكامل. وتوصل الباحث إلى إمكانية اعتماد الري الجزئي المتناوب كاستراتيجية تؤكد أهميتها لحفظ مياه الري في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد المائية.

وهذا ما أكدته أيضاً أبحاث Liu وزملائه (2006a) في الدنمارك الذي طبق معاملة الري الكامل 100% FC ومعاملة الري الجزئي المتناوب 70%FI بالتناوب بين نصفي الجذر كل 10-5 أيام، وذلك من مرحلة ملء الدرنات وحتى مراحل النضج على نباتات البطاطا صنف Flova المزروعة في الحقل المعزول عن الأمطار وفي ظروف البيت البلاستيكي، حيث بينت نتائجه تشابه الكتلة الحيوية لدرنة البطاطا في المعاملتين. فيما حققت معاملة الري الجزئي المتناوب المطبق منذ مرحلة ملء الدرنات توفيراً بالمياه بنسبة 30% بالمقارنة مع معاملات الري الكامل، كما حققت هذه المعاملة ارتفاعاً في قيمة كفاءة استعمال المياه بنسبة 59%. وفيما يخص المؤشرات الفيزيولوجية، كان الجهد المائي للأوراق في فترة منتصف النهار متماثل لدى المعاملتين، بينما في تجربة البيت البلاستيكي، كان الجهد المائي في الجذر في معاملة الري الجزئي المتناوب أقل بفروق معنوية عما هو عليه في معاملة الري الكامل. أما مؤشر المساحة الورقية الذي تم حسابه في التجربة الحقلية بعد (1, 15, 30, 48, 57) يوم من تطبيق المعاملات فقد انخفض قليلاً لدى معاملة الري الجزئي المتناوب 70%F بالمقارنة مع معاملات الري الكامل. حيث ارتفعت قيمته من 3.1 إلى 4.2 وعاد لينخفض إلى 3.2 في مرحلة الحصاد في اليوم 57 بعد تطبيق المعاملات. وقد رافق ذلك ارتفاعاً ملحوظاً بشكل كبير في تركيز حمض الأبسيسيك أسيد في النسغ الناقص مع انخفاض الجهد المائي في منطقة الجذور وانخفاض القدرة على الناقلية المائية في التربة في الجانب غير المروي من الجذر.

كذلك طبق Saeed وزملاؤه (2005) تجاربهم في بريطانيا على البطاطا صنف cv. Estima المزروعة بالأصص بنمطين من الري الجزئي المتناوب الأول بثبيت قسم الجذر المروى والثاني بري جزئي الجذر بالتناوب، وبمستويات ري 100% و50% من السعة الحقلية. وكذلك طبقوا الري الناقص بمستوى 50% من السعة

الحقلية. وقد طبقت المعاملات منذ مرحلة بدء وضع الدرنات. كانت معاملة الري الجزئي المتناوب 100% من السعة الحقلية مشابهة تقريباً لمعاملة الشاهد 100%، من حيث مؤشر المساحة الورقية والوزن الجاف والرطب للدرنة، كما لم تحدث معاملة الري الجزئي المتناوب 100% من السعة الحقلية انخفاضاً كبيراً في الغلة. كما استهلكت هذه المعاملة مياهاً أقل بنسبة 29% بكفاءة استعمال مياه أكبر بـ 19%. بينما وجدت فروق معنوية من حيث الإنتاجية ومؤشر المساحة الورقية والوزن الجاف والرطب للدرنة في المعاملات الأخرى مقارنةً مع معاملة الري الكامل العادي. كما طبق Saeed وزملاؤه (2005) تجربة أخرى على البطاطا لتحديد أفضل مرحلة لتطبيق الري الجزئي المتناوب بري جزئي الجذر بالتناوب، وقد تبين أنه بتطبيق الري الجزئي المتناوب منذ الأسبوع السادس بعد الإنبات (خلال مرحلة ملء الدرنات) ارتفع النمو الخضري للمحصول مع تحقيق غلة جيدة من البطاطا بفروق غير معنوية مقارنة مع الشاهد باستهلاك كمية مياه أقل بنسبة 21% بكفاءة استعمال مياه أكبر بـ 19%.

كما أثبت Ahmadi وزملاؤه (2016) في إيران و Wang وزملاؤه (2009) ارتفاع محتوى درنات البطاطا المروية بطريقة الري الجزئي المتناوب بعنصر الآزوت وبفروقً معنوية مقارنة بالري الناقص والكامل. بينما تبين عدم وجود فروق معنوية بمحتوى الدرنات من عنصر الآزوت بين الري الكامل والناقص.

من جهة أخرى أجرى Masood (2022) تجاربه في بغداد باستخدام عدة طرق للري الجزئي المتناوب على البطاطا صنف Safran بطريقة الري بالأثلام (بالأخاديد). حيث طبق سبع معاملات ري وهي: ري الأخدود التقليدي 100% من الري الكامل، الري بنسبة 90% لكامل الأثلام، الري الجزئي بنسبة 50% لكامل الأثلام، الري الجزئي الثابت 50% من المياه تضاف لنصف الأثلام دون تبديل، الري الكامل المتناوب وتضاف فيه 100% من كمية الري لنصف الأثلام في كل مرة وبالتناوب، الري الجزئي المتناوب وتضاف فيه 50% من كمية الري لنصف الأثلام في كل مرة وبالتناوب، والري التقليدي بالثلم البديل، حيث تضاف كميات المياه على كلا الجانبين خلال فترات الري. كما أظهرت النتائج تفوق معاملة نمط الري الكامل المتناوب بتوفير كمية من المياه مقدارها 36.68% من مياه الري الكامل مع توفير في المساحة المستخدمة من الأرض بمقدارها 0.579

هكتار. بينما حققت معاملة الري بنسبة 90% أعلى قيمة في الغلة بمقدار $43308\ kg\ ha^{-1}$ وكانت الزيادة بنسبة 36.6% مقارنةً مع الري التقليدي. كما أدى الري الجزئي المتناوب والري بنسبة 90% من مياه الري إلى زيادة كبيرة في كفاءة استخدام المياه مع توفير في مياه الري مقارنة بالري التقليدي بنسبة 65.33 و63.4% على التوالي.

الفصل الثالث :مواد البحث وطرائقه (Materials and Methods):

3-1-مكان وزمان تنفيذ البحث

نفذ البحث في منطقة الديرخبية في محافظة ريف دمشق على خط عرض 33.38 وخط طول 36.17 لموسمي الزراعة 2021 و2023 وتمت الزراعة بتاريخ 8 نيسان للموسمين (عروة صيفية).

3-2-المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة

يبين الجدول (1) المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة وتم الحصول عليها من محطة المطار وهي المحطة المناخية الأقرب لمنطقة الديرخبية.

الجدول رقم (1): المعطيات المناخية لمنطقة الدراسة

الموسم	الشهر	درجة الحرارة (درجة مئوية)		الرطوبة النسبية	سرعة الرياح على 2m	السطوع الشمسي
		عظمى	صغرى	%	m/sec	hr
الموسم الأول	نيسان	25.13	8.43	47.10	0.97	9.11
	أيار	30.52	11.61	41.99	0.84	10.99
	حزيران	35.69	14.22	39.84	0.73	12.60
	تموز	38.14	16.51	41.48	1.34	12.17
الموسم الثاني	نيسان	24.05	7.23	48.05	0.99	9.17
	أيار	28.94	10.25	42.12	0.87	11.05
	حزيران	34.09	14.13	40.01	0.77	12.52
	تموز	36.10	15.06	46.20	1.25	12.10

3-3-المادة النباتية (Plant)

زرعت درنات البطاطا المقطعة، صنف (Everest) وهو صنف هجين. التصالب= سبونتا x مارادونا.

النضج: مبكر – متوسط التبكير، شكل وحجم الدرنة: شكل بيضاوي موحد، القشرة واللب: أصفر فاتح، عيون سطحية. طور السكون: جيد، لذلك يمكن التخزين للأشهر الأولى بعد الحصاد. الإنتاجية: غلة عالية.

3-4–صفات التربة المستعملة في الزراعة

أجريت تحاليل التربة المستخدمة في الزراعة لمعرفة الصفات الكيميائية والفيزيائية وتمت التحاليل في قسم الهندسة الريفية وقسم علوم التربة بكلية الزراعة في جامعة دمشق. وكانت خصبة وعميقة (65-70 cm). وكانت الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة في الزراعة وفق الجدول رقم (2). حيث تم إجراء التحاليل الكيميائية في مخبر علوم التربة في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق. كما تم إجراء التحليل الفيزيائي للتربة في مخبر الهندسة الريفية في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق.

الجدول رقم (2): الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة في الزراعة.

الخصائص الفيزيائية					الخصائص الكيميائية					
التحليل الميكانيكي %			القوام	السعة الحقلية	معامل الذبول	آزوت معدني	بوتاسيوم متاح	فوسفور متاح	كربونات كالسيوم %	صوديوم متبادل %	PH معلق تربة (2.5:1)
رمل	سلت	طين									
33	23	44	طيني	%39 حجماً	%25 حجماً	mg. Kg^{-1} تربة 18	35	17	5	0.98	7.2

3-5-عمليات الخدمة الزراعية

تمت حراثة التربة حراثتين متعامدتين مع تكسير الطبقة الصلبة في الأرض بالإضافة إلى الكدر الذي يشكل عائقاً أمام نمو محصول البطاطا. كما تمت عملية تمشيط التربة تمشيطاً عميقاً دون قلبها وذلك بعد الحراثة مباشرةً وبشكل عمودي على اتجاه آخر حراثة بواسطة مشط ذو أسنان صلبة.

3-6-طريقة الزراعة والتسميد والحصاد

زرعت درنات البطاطا على عمق 10 سم في جور تبعد عن بعضها مسافة ٢٥ سم، على خطوط المسافة بينها 75 سم. وأجريت عملية التحضين اليدوية للبطاطا على مرحلتين. كما تمت إضافة الأسمدة وفق التوصية السمادية لوزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.

حيث أضيف السماد العضوي المتخمر جيداً بمعدل $9000\ Kg.ha^{-1}$ وأضيفت الأسمدة بطيئة الذوبان، حيث أضيف السماد الآزوتي على شكل يوريا 46% على ثلاث مراحل عند تحضير الأرض قبل الزراعة بنسبة 30% وبعد اكتمال الإنبات بنسبة 40% ومع بداية الإزهار بنسبة 30%.

وكان معدل الإضافة كالتالي: بما أن محتوى التربة من الآزوت المعدني $18\ mg.\ Kg^{-1}$ إذاً تضاف $125\ Kg.ha^{-1}$ وفق التوصية السمادية وبالتالي أصبحت الكمية: $125\times 100/\ 46=272\ Kgha^{-1}$

كما أضيف السماد الفوسفوري على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46%، وكان معدل الإضافة كالتالي:

بما أن محتوى التربة من الفوسفور المتاح $17\ mg.Kg^{-1}$ إذاً تضاف $70\ Kg.ha^{-1}$ وفق التوصية السمادية وبالتالي أصبحت الكمية: $70\times 100/\ 46=152.2\ Kg.\ ha^{-1}$

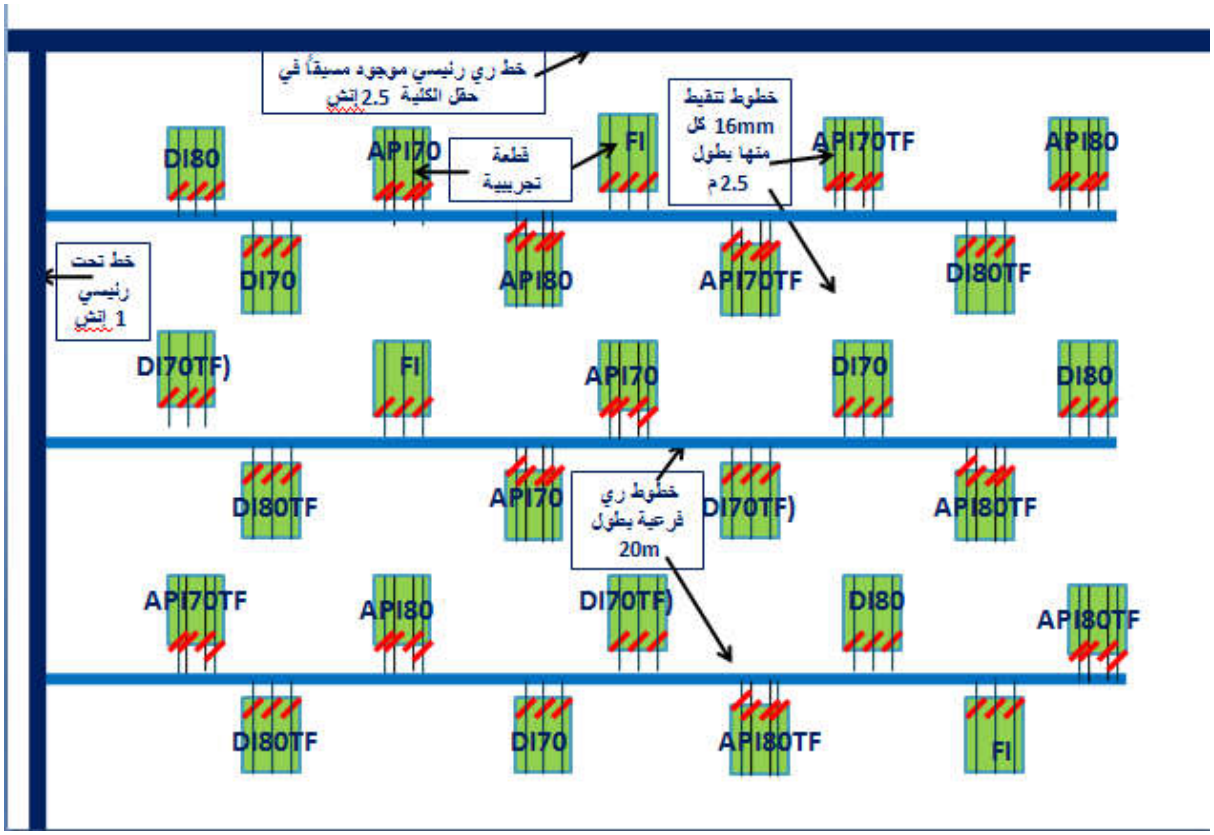
وأضيف السماد البوتاسي على شكل سلفات البوتاسيوم 46%، وكان معدل الإضافة كالتالي:

بما أن محتوى التربة من الفوسفور المتاح منخفضاً $35\ mg.Kg^{-1}$ إذاً تضاف $105\ Kg.ha^{-1}$ وفق التوصية السمادية وبالتالي أصبحت الكمية: $105\times 100/\ 46=228.3\ Kg.\ ha^{-1}$.

وتم فطام المحصول قبل 15 يوم من الحصاد مع حش المجموع الخضري قبل 10 أيام من الحصاد. حيث استمر موسم النمو مدة 110 أيام لكلا الموسمين. وتم حصاد المحصول بعد ظهور علامات النضج التام (أي بعد موت المجموع الخضري نهائياً).

3-7-تصميم التجربة (Experiment design)

تم إجراء التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط بـ 9 معاملات و3 مكررات وكان عدد القطع التجريبية 27 قطعة تجريبية الشكل (9). وتألفت كل قطعة تجريبية من 3 خطوط زراعة طول كل منهما 1.75م، ، وعدد النباتات على الخط الواحد 7، فيكون عدد النباتات في القطعة التجريبية 21. وبالتالي عدد النباتات الكلية المزروعة 567 نبات. وتم ترك مسافة 1.5 م بين القطع المتجاورة لضمان عدم حدوث تداخل بين معاملات الري المختلفة نتيجة الحركة الجانبية للماء و ترك مسافة 1. م على كامل حدود التجربة .



الشكل(9): مخطط التجربة

3-8-المعاملات المدروسة

1- معاملة الري الكامل FI (الشاهد)، معاملة الري الجزئي المتناوب (80%) من الري الكامل ولكافة مراحل النمو (API80).

2- الري الجزئي المتناوب 80% من الري الكامل ولكافة مراحل النمو (API80).

3- الري الجزئي المتناوب (80%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API80TF).

4- الري الجزئي المتناوب (70%) من الري الكامل ولكافة مراحل النمو (API70).

5- الري الجزئي المتناوب (70%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API70TF).

6- الري الناقص (80%) من الري الكامل ولكافة مراحل النمو (DI80).

7- الري الناقص (80%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF).

8- الري الناقص (70%) من الري الكامل ولكافة مراحل النمو (DI70).

9- الري الناقص (70%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF).

3-9-التحليل الإحصائي (statistical analysis):

صممت التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط بـ 9 معاملات و٣مكررات فيكون عدد القطع التجريبية 27 قطعة تجريبية.

كما تم تحليل البيانات بعد جمعها وتبويبها باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS، بتطبيق معيار واحد (One Way Anova) ومقارنة المتوسطات وحساب أقل فرق معنوي L.S.D لتقدير الفروق بين المتوسطات عند مستوى الثقة 95%.

10-3-طريقة الري

استخدمت طريقة الري بالتنقيط في كافة المعاملات باستخدام منقطات بتصريف (**8 $L.h^{-1}$**)، وكان موعد الري موحداً لجميع المعاملات المدروسة.

ركبت **3** خطوط ري بالتنقيط (خط ري لكل خط زراعة) في طريقتي الري الكامل والناقص، بينما تم تركيب أربعة خطوط ري في طريقة الري المتناوب بحيث يتوضع خط الري في منتصف المسافة بين كل خطي الزراعة. بالإضافة لخط ري على الجهة الخارجية من خطي الزراعة الطرفيين في القطعة التجريبية.

11-3-جدولة الري

أجريت تجربة الكثافة الظاهرية وبلغت 1.37 g.cm-3 على عمق 30- 45cm، و1.39 g.cm-3 على عمق 45-60 cm.

- حسبت قيمة الماء المتاح TAW وفق المعادلة:

$$TAW = 1000\ (\Theta_{FC} - \Theta_{WP})\ Zr \quad (FAO56)$$

$$= 1000\ (0.39-0.25)\ 0.60$$

$$= 84\ mm$$

TAW: الماء المتاح في منطقة الجذور الفعالة (mm).

Θ_{FC}: رطوبة التربة عند السعة الحقلية ($m^3.m^{-3}$).

Θ_{WP}: رطوبة التربة عند حد الذبول($m^3.m^{-3}$).

Zr: العمق الفعال للجذور (m).

ثم تم حساب قيمة RAW الماء المتاح بيسر كما يلي:

$$RAW = P \times TAW \quad (FAO56)$$

$$= 0.35 \times 84$$

$$= 29.4 \text{ mm}$$

RAW: مياه التربة المتاحة بسهولة في منطقة الجذور الفعالة (mm).

P: نسبة من إجمالي الماء المتاح التي يستنفذها الجذر قبل حدوث الإجهاد، وتتراوح قيمتها بين (1-0).

$$P_{For\ Potatoes} = 0.35 \quad (FAO56)$$

حيث كان يتم الري في معاملة الري الكامل عندما كانت تصبح رطوبة التربة:

$$TAW-RAW = 84 - 29.4 = 54.6 \text{ mm}$$

كما كان موعد الريات موحداً لجميع المعاملات.

3-12-المؤشرات المدروسة

3-12-1-المؤشرات المائية المدروسة وطريقة حسابها

3-12-1-1-الاستهلاك المائي المرجعي

- تم الحصول على بيانات ET0 اليومية بالاعتماد على قاعدة البيانات منظمة الأغذية والزراعة Wapor. بعد مقارنتها مع القيم المحسوبة باستخدام المعادلة المناخية بنمان مونتيث وفق القيم المناخية لمحطة الأرصاد الجوية (محطة مطار دمشق).

3-12-1-2-الاستهلاك المائي الكلي

- حسبت قيمة الاستهلاك المائي الصافي من خلال استخدام معادلة الموازنة المائية كما يلي:

$$ET_c = P + I - DP + G + (\Theta 1 - \Theta 2) \times Z \quad (FAO\ 56)$$

حيث:

ET_c: الاستهلاك المائي الفعلي (mm).

P: الهطول المطري الفعال (mm).

I: كمية مياه الري (mm).

Dp: التسرب العميق (mm).

G: الارتفاع بالخاصة الشعرية (mm).

Θ1: الرطوبة الحجمية في بداية اليوم (cm^3/cm^3).

Θ2: الرطوبة الحجمية في نهاية اليوم (cm^3/cm^3).

Z: العمق الفعال لمنطقة الجذور (mm).

العمق الفعال لمنطقة الجذور = 0.6m

3-12-1-3-مقنن الري الفعلي والمتطلبات المائية

- تم حساب مقنن الري الفعلي من خلال المعادلة التالية:

مقنن الري الفعلي = مقنن الري الصافي / كفاءة الري (Doorenbos and Pruitt., 1977. FAO, NO 24).

- وتم احتساب كفاءة الري بالنسبة لشبكة الري بالتنقيط =0.9
- وبذلك يصبح حجم المياه الواجب إضافتها لكل معاملة = مقنن الري الفعلي x مساحة المكررxعدد المكررات (3)

3-12-1-4-معامل المحصول

- تم حساب معامل المحصول من المعادلة:

$$K_C = ET_c \ / \ ET_0 \qquad \text{(FAO56)}$$

3-12-1-5-كفاءة استعمال المياه

قدرت كفاءة استعمال المياه من خلال المعادلة:

$$WUE = Y / ETC \quad \text{(Stegman et al., 1980)}$$

WUE: كفاءة استعمال المياه ($Kg.m^{-3}$).

Y: متوسط إنتاجية المحصول ($Kg.h^{-1}$).

ETC: معدل الاستهلاك المائي خلال كامل موسم النمو ($m^3.h^{-1}$).

3-12-1-6-معامل استجابة المحصول

وقد تم حسابه وفق المعادلة التالية:

$$K_y = \frac{1 - \frac{Y_a}{Y_{max}}}{1 - \frac{ET_a}{ET_{max}}} \qquad \text{(Stewart } et\ al.\text{, 1977)}$$

حيث:

Ya: الإنتاج الفعلي للمحصول في حالة الإجهاد (Ton. h-1).

Ymax: الإنتاج الأعظمي للري الكامل (Ton. h-1).

ETa: الاستهلاك المائي الفعلي بوجود الإجهاد المائي خلال كامل موسم النمو ($m^3.h^{-1}$).

ETmax: الاستهلاك المائي الفعلي في حال عدم وجود إجهاد مائي خلال كامل موسم النمو ($m^3.h^{-1}$).

Ky: معامل استجابة المحصول للإجهاد.

دلالات قيمة هذا المعامل، ففي حال:

Ky أكبر من 1: فإن ذلك يدل على أن المحصول شديد الحساسية لتطبيق الإجهاد حيث يحدث انخفاضاً كبيراً في الإنتاج نتيجة لانخفاض استهلاك المياه.

Ky أصغر من 1: يبدي المحصول تكيفاً أكبر مع نقص المياه حيث أن الإجهاد الحاصل يسبب انخفاضاً جزئياً في الإنتاج.

Ky يساوي 1: انخفاض الإنتاجية متناسباً بشكل مباشر مع انخفاض الاستهلاك المائي.

3-12-2-المؤشرات الإنتاجية المدروسة وطريقة حسابها

3-12-2-1- الإنتاجية ($Ton.h^{-1}$)

تم حسابها بوزن نباتات القطعة التجريبية التي بلغت مساحتها $3.9375\ m^2$ ومن ثم تطبيق معادلة التناسب:

الإنتاجية= وزن نباتات القطعة التجريبية x 10000 / 3.9375

3-12-2-2-إنتاجية النبات الواحد

إنتاجية النبات الواحد = إنتاجية القطعة التجريبية / عدد نباتات القطعة التجريبية (21)

3-12-2-3-حجم الدرنة (ml)

وتم تقديرها بالاعتماد على نظرية دافعة أرخميدس بوضع درنة البطاطا في بيشر مدرج ويحوي الماء.

حجم الدرنة في البيشر = حجم السائل المزاح.

3-12-2-4-نسبة البروتين في درنة البطاطا (%)

تم تقديرها حسب طريقة كلداهل (تبخير – تكثيف– تقطير – معايرة) في المخبر المركزي التابع لوزارة التجارة الداخلية وحماية المستهلك، وذلك باستخدام جهاز كلداهل ومن ثم تطبيق المعادلتين التاليتين:

الآزوت الكلي= رقم المعايرة x 0.14 / وزن العينة

تحويل لبروتين مكافئ= الآزوت الكلي x 6.25

3-12-3-المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة وطريقة حسابها

3-12-3-1-نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري

تم تقدير هذه النسبة بعد قلع النبات في منتصف موسم النمو (اليوم 65 بعد الزراعة) ثم تجفيف المجموع الجذري والمجموع الخضري على درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 72 ساعة (Liu et al., 2015).

3-12-3-2-مؤشر المساحة الورقية

تم حسابه في اليوم 65 بعد الزراعة،

مؤشر المساحة الورقية= المساحة الورقية للنبات الواحد / المساحة الغذائية للبنات

حيث تم حساب المساحة الورقية باستخدام برنامج Image J

المساحة الغذائية =35 x 80 cm^2

الفصل الرابع: النتائج والمناقشة (Results and Discussion):

4-1-القراءات الفينولوجية

تم رصد تاريخ بداية كل مرحلة من مراحل نمو البطاطا لكامل المعاملات خلال كلا الموسمين كما هو موضح في الجدول رقم (3).

الجدول (3): عدد الأيام لكل مرحلة من مراحل نمو البطاطا لموسمي الزراعة

المعاملات	مرحلة النمو الخضري (يوم)	مرحلة وضع الدرنات (يوم)	مرحلة ملء الدرنات (يوم) (مرحلة الإزهار)	مرحلة النضج (يوم)
FI ري كامل (شاهد)	25	25	30	30
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	20	25	35	30
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	25	25	30	30
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	20	25	35	30
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	25	25	30	30
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	20	25	35	30
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	25	25	30	30
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	20	25	35	30
DI70TF ري ناقص بملء الدرنات والنضج	25	25	30	30

نلاحظ من الجدول (3) أنه لم يكن تاريخ بداية مرحلة وضع الدرنات ومرحلة ملء الدرنات والنضج موحداً لكافة المعاملات. حيث أظهرت معاملات الري الجزئي المتناوب خلال كافة المراحل والري الناقص خلال كافة المراحل دخولاً مبكراً في المرحلة الثانية من النمو وهي مرحلة وضع الدرنات. حيث انخفض عدد أيام مرحلة النمو الخضري في المعاملات التي طبق فيها الإجهاد خلال كافة المراحل بفارق 5 أيام عن عدد أيام مرحلة النمو الخضري في المعاملات التي طبق فيها الإجهاد خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج.

وتم رصد تاريخ بداية الإزهار وقد تزامن مع بداية مرحلة ملء الدرنات لكافة المعاملات، إلا أن الإزهار كان بعد 50 يوم من الزراعة في معاملات الري الكامل والري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج والري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج. حيث يرتبط هذا الموعد بالنمو الخضري للنباتات وبالتالي فإن موعد الإزهار لم يكن واحداً، حيث كان من الملاحظ أن للإجهاد المائي الحاصل خلال المراحل المبكرة من النمو الأثر الواضح في التبكير في إزهار هذه المعاملات التي تتعرض للإجهاد المائي.

كما انخفض عدد الأزهار العاقدة في معاملات الري الجزئي المتناوب خلال كامل مراحل النمو والري الناقص خلال كامل مراحل النمو بتزامن مع نمو خضري ضعيف، وخاصة في المعاملات 70% من الري الكامل، والتي شهدت بالإضافة للإنتاجية المنخفضة نوعية رديئة للثمار وخاصة من الناحية التسويقية، وأظهرت اختلافاً عن الصفات المثالية الناتجة عن النمو المثالي للصنف المدروس.

4-2-المؤشرات المائية المدروسة

4-2-1-الاستهلاك المائي المرجعي

تم الحصول على بيانات ET0 اليومية بالاعتماد على قاعدة البيانات لمنظمة الأغذية والزراعة Wapor لموسمي الزراعة 2021 و2023. كما هي موضحة في الجدول 4 و5.

الجدول (4): قيم الاستهلاك المائي المرجعي حسب مراحل نمو محصول البطاطا للموسم الاول

المعاملات	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0في مرحلة النمو الخضري mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة وضع الدرنات mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة ملء الدرنات mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة النضج mm**
FI ري كامل (شاهد)	157.40	201.90	250.30	137.60
ري جزئي متناوب لكافة المراحل	119.20	201	289.40	137.60
ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	157.40	201.90	250.30	137.60
ري ناقص لكافة المراحل	119.20	201	289.40	137.60
ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	157.40	201.90	250.30	137.60

الجدول (5): قيم الاستهلاك المائي المرجعي حسب مراحل نمو محصول البطاطا للموسم الثاني

المعاملات	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0في مرحلة النمو الخضري mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة وضع الدرنات mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة ملء الدرنات mm**	**الاستهلاك المائي المرجعي ET0 في مرحلة النضج mm**
FI ري كامل (شاهد)	118.10	160.80	216.70	123.80
ري جزئي متناوب لكافة المراحل	97.30	147.90	250.40	123.80
ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	118.10	160.80	216.70	123.80
ري ناقص لكافة المراحل	97.30	147.90	250.40	123.80
ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	118.10	160.80	216.70	123.80

وتبين الجداول 4 و5 قيم الاستهلاك المائي المرجعي لكل مرحلة من مراحل نمو محصول البطاطا. علماً أن متوسط قيمة الاستهلاك المائي المرجعي خلال مرحلة النضج (المرحلة الأخيرة من النمو) لا تتضمن قيم أيام الفطام والتي بلغت 15 يوم بدءاً من 12تموز إلى26 تموز في كلا الموسمين. أما مراحل النمو فهي حسب FAO 56 أربع مراحل وهي مرحلة النمو الخضري، مرحلة وضع الدرنات، مرحلة ملء الدرنات ومرحلة النضج.

وقد وجد اختلافاً في قيم الاستهلاك المائي المرجعي بين الموسمين، ويرجع ذلك لاختلاف قيم درجات الحرارة المسجلة بين موسمي الدراسة.

4-2-2-الاستهلاك المائي الكلي

تبين الجداول (6) و(7) قيم الاستهلاك المائي الكلي وكميات مياه الري الكلية المقدمة للمعاملات المدروسة لموسمي الزراعة. ففي الموسم الأول حققت كل من معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج لمستوي الري API80TF وAPI70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج DI80TFو DI70TF توفيراً بكمية المياه المقدمة بقيم بلغت $1922\ m^3.h^{-1}$ ، 2193، 821، 1236 على التوالي مقارنةً مع كمية المياه المقدمة لمعاملة الري الكامل. ومنه عند استبدال طريقة الري الكامل للبطاطا بإحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص المطبقتان خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج فقط سيتم توفير المياه بنسبة (29%) و(33%) و(12) و(18%) في المعاملات (API80TF) و(API70TF) و (DI80TF)و(DI70TF) على التوالي. وكانت النتائج مشابهة خلال الموسم الثاني، حيث تم توفير 1778 $m^3.h^{-1}$، 2006، 830، 1185 من كميات المياه المقدمة لمعاملة الري الكامل، وذلك في معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF وAPI70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) و (DI70TF) على التوالي. ومنه عند استبدال طريقة الري الكامل للبطاطا بإحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج خلال

الموسم الثاني سيتم توفير المياه بنسبة (31%) و(35%) و(15%) و(21%) في المعاملات (API80TF) و(API70TF) و (DI80TF) و (DI70TF) على التوالي.

الجدول رقم (6): الاستهلاك المائي الكلي وكميات مياه الري المقدمة للمعاملات الموسم الأول

المعاملات	الاستهلاك المائي الكلي mm	حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم كنسبة إلى الشاهد
FI ري كامل (شاهد)	633.5	6738.6	-	-
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	520.9	3597.9	-3140.7	−47%
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	571.3	4816.9	-1921.7	−29%
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	465.3	3149.2	−3589.4	−53%
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	534.7	4546	−2192.6	-33%
DI80 ري ناقص لكل المراحل	530.8	5392.6	-1346	−20%
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	584.7	5917.5	-821.2	−12%
DI70 ري ناقص لكل المراحل	469.9	4715.3	−2023.2	−30%
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	544.2	5502.7	−1236	-18%

الجدول رقم (7): الاستهلاك المائي الكلي وكميات مياه الري المقدمة للمعاملات الموسم الثاني

المعاملات	الاستهلاك المائي الكلي mm	حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم في الري كنسبة إلى الشاهد
FI ري كامل (شاهد)	530.8	5697.3		
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	410.5	2979.9	-2717.5	-48%
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	476.2	3919.6	-1777.8	-31%
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	386.9	2607.4	-3090	-54%
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	445.4	3691	-2006.4	-35%
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	415.3	4461.4	-1236	-22%
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	482.1	4867.7	-829.6	-15%
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	389.8	3902.7	-1794.7	-32%
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	452.4	4512.2	-1185.2	-21%

ويعود انخفاض قيم الاستهلاك المائي الكلي (ET_c) في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص عما هو عليه في معاملة الري الكامل نظراً لاستجابة النبات لظروف الإجهاد المائي المطبق بتنظيم فقد المياه فيه، حيث تنخفض كمية المياه المفقودة من الأوراق بوساطة النتح من خلال إغلاق المسام، إلا أن هذا الانخفاض كان

متبايناً بين المعاملات حسب مستوى الري المطبق ومرحلة تطبيقه. كذلك تبين الجداول 8 و9 عدد الريات المقدمة في كل مرحلة من مراحل نمو النبات ولكافة المعاملات خلال موسمي الزراعة.

الجدول (8): عدد الريات خلال مراحل نمو النبات للموسم الأول

المعاملات	**عدد الريات في مرحلة النمو الخضري**	**عدد الريات في مرحلة وضع الدرنات**	**عدد الريات في مرحلة ملء الدرنات**	**عدد الريات في مرحلة النضج**
FI ري كامل (شاهد)	2	7	10	4
ري جزئي متناوب لكافة المراحل	2	5	12	4
ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	2	7	10	4
ري ناقص لكافة المراحل	2	5	12	4
ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	2	7	10	4

الجدول (9): عدد الريات خلال مراحل نمو النبات للموسم الثاني

المعاملات	**عدد الريات في مرحلة النمو الخضري**	**عدد الريات في مرحلة وضع الدرنات**	**عدد الريات في مرحلة ملء الدرنات**	**عدد الريات في مرحلة النضج**
FI ري كامل (شاهد)	3	5	10	3
ري جزئي متناوب لكافة المراحل	2	4	12	3
ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3	5	10	3
ري ناقص لكافة المراحل	2	4	12	3
ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3	5	10	3

كما تبين الجداول (10) و(11) قيم الاستهلاك المائي موزعاً وفقاً للأطوار الفينولوجية المميزة، وفترة كل طور لمحصول البطاطا لكافة المعاملات المطبقة.

الجدول (10): قيم الاستهلاك المائي الكلي حسب مراحل تطور المحصول للموسم الأول

المعاملات	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة النمو الخضري mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة وضع الدرنات mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة ملء الدرنات mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة النضج mm
FI ري كامل (شاهد)	81.8	172.5	270.1	109.2
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	60	129.6	246.4	84.9
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	81.8	172.5	221.8	95.3
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	60	119.1	206.4	79.8
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	81.8	172.5	195.7	84.8
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	60.3	133.7	249.7	87.2
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	81.8	172.5	237.2	93.2
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	60	120.3	208.9	80.7
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	81.8	172.5	206.9	83

الجدول (11): قيم الاستهلاك المائي الكلي حسب مراحل تطور المحصول للموسم الثاني

المعاملات	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة النمو الخضري mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة وضع الدرنات mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة ملء الدرنات mm	الاستهلاك المائي الكلي بمرحلة النضج mm
FI ري كامل (شاهد)	59.7	134.5	239.9	96.7
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	46.7	91.6	209	63.2
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	59.71	134.49	204.78	77.21
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	46.7	84.8	196	60
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	59.7	134.5	182.3	68.9
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	46.4	93.2	208.8	66.9
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	59.7	134.5	209	78.8
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	46.9	85.5	196.9	60.7
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	59.7	134.5	187.1	71

وتبين الجداول 10 و11 أن قيم الاستهلاك المائي الكلي لمراحل النمو الأربعة أعلى ما يمكن في معاملة الري الكامل بقيم 81.78، 172.48، 270.05، 109.21 mm في الموسم الأول، وبقيم 59.17، 134.49، 239.86، 96.70 mm في الموسم الثاني. بينما كانت القيم أقل ما يمكن في معاملتي الري الجزئي المتناوب 70% لكافة المراحل والري الناقص 70% لكافة المراحل في كلا الموسمين. ومن الملاحظ زيادة الاستهلاك

المائي مع تطور المحصول، حيث سجل الاستهلاك المائي الأعظمي في طور ملء الدرنات، ثم عاد لينخفض في طور النضج ومع اقتراب موعد الحصاد.

4-2-3-معامل المحصول Kc

تبين الجداول (12) و(13) قيم معامل المحصول وفقاً للأطوار الفينولوجية الأربعة لنبات البطاطا لكافة المعاملات. وقد تم حسابه بقسمة قيمة الاستهلاك المائي خلال كل مرحلة نمو على الاستهلاك المائي المرجعي.

بلغت قيم معامل المحصول في معاملة الري الكامل (0.52، 0.86، 1.08، 0.79) خلال الأطوار الفينولوجية الأربعة على التوالي للموسم الأول و(0.50، 0.83، 1.11، 0.78) على التوالي للموسم الثاني.

الجدول (12): قيم معامل المحصول حسب مراحل نمو محصول البطاطا لكافة المعاملات للموسم الأول

المعاملات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة وضع الدرنات	مرحلة ملء الدرنات	مرحلة النضج
FI ري كامل (شاهد)	0.52	0.86	1.08	0.79
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	0.50	0.64	0.85	0.62
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.52	0.86	0.89	0.70
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	0.5	0.59	0.71	0.58
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.52	0.86	0.78	0.62
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	0.50	0.66	0.86	0.63
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.52	0.86	0.95	0.68
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	0.50	0.60	0.72	0.59
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.52	0.86	0.83	0.60

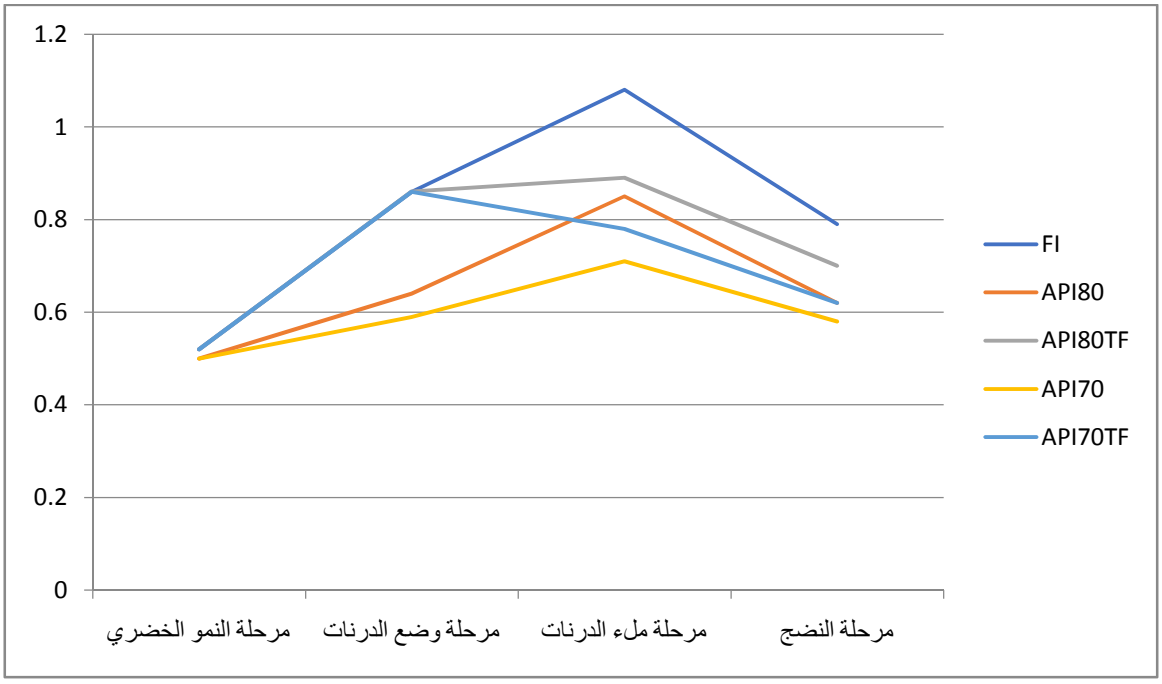
الجدول (13): قيم معامل المحصول حسب مراحل نمو محصول البطاطا لكافة المعاملات موسم (2)

المعاملات	مرحلة النمو الخضري	مرحلة وضع الدرنات	مرحلة ملء الدرنات	مرحلة النضج
FI ري كامل (شاهد)	0.50	0.83	1.11	0.78
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	0.48	0.61	0.84	0.51
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.50	0.83	0.96	0.62
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	0.48	0.57	0.79	0.48
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.50	0.83	0.85	0.56
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	0.48	0.62	0.84	0.54
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.50	0.83	0.98	0.64
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	0.48	0.57	0.79	0.49
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	0.50	0.83	0.88	0.57

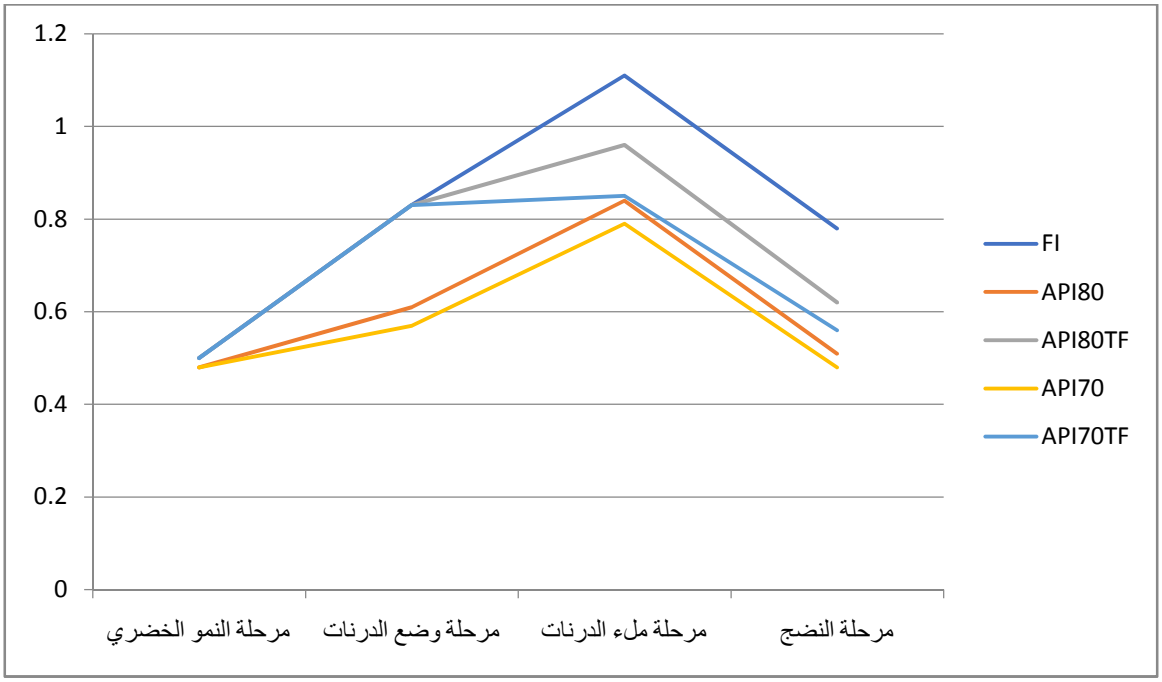
وتبين الجداول 12 و13 أن قيم معامل المحصول كانت أعلى في الموسم الأول عما هي عليه في الموسم الثاني. وقد يرجع ذلك إلى ارتفاع درجات الحرارة في الموسم الأول مقارنةً مع الموسم الثاني، وما نتج عنه من ارتفاع في قيم الاستهلاك المائي المرجعي والاستهلاك المائي الموسمي لكافة مراحل النمو في الموسم الأول مقارنةً مع الموسم الثاني.

من جهة أخرى، كانت أخفض قيمة لمعامل المحصول في المرحلة الأولى من نمو النبات (مرحلة النمو الخضري) في كافة المعاملات وفي الموسمين بينما حققت مرحلة ملء الدرنات أعلى قيمة لمعامل المحصول ، لتعود هذه القيمة للانخفاض خلال المرحلة الأخيرة من حياة النبات (مرحلة النضج والحصاد).

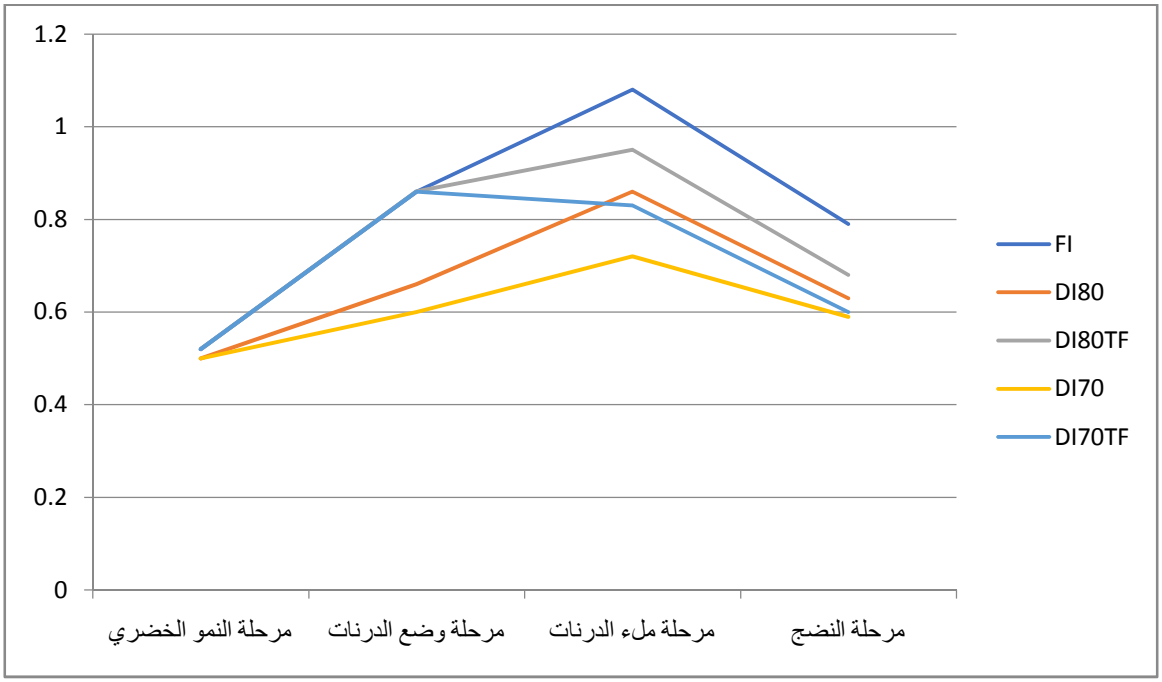
كما كانت أعلى قيم لمعامل المحصول في مرحلة ملء الدرنات في معاملة الري الكامل (الشاهد) لكلا الموسمين وبلغت 1.08 و1.11 للموسمين الأول والثاني على التوالي. بينما كانت أخفض قيم معامل المحصول في مرحلة النمو الخضري لمعاملات الري الجزئي المتناوب والناقص خلال كافة مراحل النمو وقد بلغت القيم 0.5 و0.48 للموسمين الأول والثاني على التوالي. ويعزى ذلك إلى الإجهاد في النبات خلال مراحل نموه الأولى بسبب تطبيق الري الناقص والري الجزئي المتناوب منذ المراحل الأولى من النمو في هذه المعاملات.



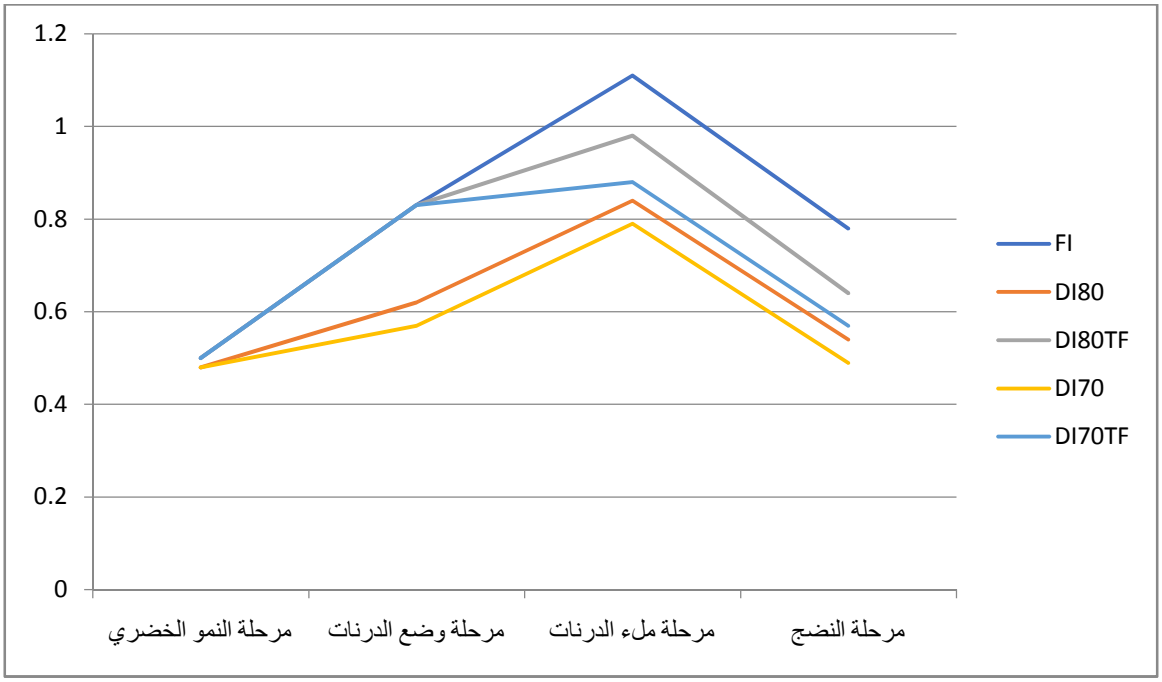
الشكل (10): قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الجزئي المتناوب الموسم الأول



الشكل (11): قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الجزئي المتناوب الموسم الثاني



الشكل (12): قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الناقص الموسم الأول



الشكل (13): قيم معامل المحصول خلال مراحل النمو المختلفة لمعاملات الري الناقص الموسم الثاني

وبمقارنة معاملات الري الجزئي المتناوب فيما بينها من خلال الأشكال (3, 4, 5, 6) نجد أنه على الرغم من انخفاض قيمة معامل المحصول خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج في معاملات الري بمستوى 70% والمطبق فيها الإجهاد خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج عما هي عليه في نفس المرحلة في معاملات الري بمستوى 80% خلال كافة المراحل، إلا أن ذلك لم يتوافق مع أي انخفاض معنوي في الإنتاجية في معاملات الري 70% المطبق فيها الإجهاد خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج كما حدث في معاملات 80% المطبق فيها الإجهاد خلال كافة المراحل. الأمر الذي يؤكد قدرة نبات البطاطا على تحمل الإجهاد المطبق خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج فقط رغم انخفاض مستوى الري حتى 70% من الري الكامل خلال الإجهاد. إلا أنه لا يتحمل الإجهاد المطبق خلال كامل المراحل حتى لو كان مستوى الري 80%.

3-4-متوسط الإنتاجية (Average of Productivity)

تبين الجداول (14) و(15) نتائج تأثير تطبيق تقنيتي الري الجزئي المتناوب والري الناقص في متوسط إنتاجية محصول البطاطا للصنف ايفرست (Everest). حيث انخفضت الإنتاجية مع انخفاض كمية المياه المضافة، إلا أن الاختلافات في الإنتاجية كانت غير معنوية في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص التي طبق فيها الإجهاد خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج مقارنة مع معاملة الري الكامل وهي API80TF، API70TF، DI80TF، DI70TF بنسب انخفاض بلغت (7 ، 8، 6، 6 %) على التوالي مقارنة مع الإنتاجية في معاملة الري الكامل في الموسم الأول، وبنسب انخفاض بلغت (5 ، 6، 3، 5 %) على التوالي في الموسم الثاني . كما لم تلحظ أي فروق معنوية في الإنتاجية ما بين المعاملات المتفوقة (FI) و(API80TF) و(API70TF) و(DI80TF) و(DI70TF). وقد يعود ذلك إلى تطبيق الإجهاد في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص في المعاملات المذكورة خلال مرحلتين غير حساستين لتوفر المياه وهما مرحلتي ملء الدرنات والنضج. حيث أبدى النبات استجابة إيجابية لظروف الإجهاد المائي المطبق بتنظيم فقد المياه فيه، من خلال تخفيض كمية المياه المفقودة من الأوراق بوساطة النتح عبر إغلاق المسام، وبالتالي توفير المياه مع الحفاظ على الإنتاجية. وتتفق هذه النتائج مع ما أورده كل من Al-Omran and Louki (2023) و Elhani وآخرين (2019).

بينما كان الانخفاض في الإنتاجية بفروق معنوية في المعاملات API80، API70، DI80، DI70 وبنسب بلغت (47 ، 56، 38، 47 %)على التوالي مقارنة مع الإنتاجية في معاملة الري الكامل في الموسم الأول. وبنسب بلغت (59 ، 66، 54، 60 %) على التوالي في الموسم الثاني.

الجدول رقم (14): متوسط إنتاجية البطاطا للصنف Everest. للموسم الأول

المعاملات	متوسط الإنتاجية ($Ton.h^{-1}$)	التغير في الإنتاجية ($Ton.h^{-1}$)	التغير في الإنتاجية كنسبة مئوية إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	32.72^{a}	–	–	3.0242
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	17.26^{bc}	−15.46	-47%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	30.56^{a}	−2.16	-7%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.34^{c}	−18.38	-56%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	29.98^{a}	−2.74	-8%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	20.28^{b}	−12.44	-38%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	30.86^{a}	−1.86	-6%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	17.30^{bc}	−15.42	-47%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	30.74^{a}	−1.97	-6%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (15): متوسط إنتاجية البطاطا للصنف Everest. للموسم الثاني

المعاملات	متوسط الإنتاجية ($Ton.h^{-1}$)	التغير في الإنتاجية ($Ton.h^{-1}$)	التغير في الإنتاجية كنسبة مئوية إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	41.25 [a]	–		2.9206
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	17.08 [bc]	-24.17	-59%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	39.32 [a]	-1.93	-5%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.17 [d]	-27.08	-66%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	38.98[a]	-2.28	-6%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	18.90 [b]	-22.35	-54%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	40.22 [a]	-1.03	-3%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	16.63 [c]	-24.63	-60%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	39.03 [a]	-2.22	-5%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

ونستنتج مما سبق عدم جدوى تطبيق الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص في المراحل المبكرة من النمو والتي تعد حساسة لتوفر الرطوبة في التربة. وهذا يتفق مع كل من Shahnazari وآخرين (2008). و Ali وKarim (2002). كذلك يتفق مع صالح وشهاب (2014). بينما يختلف مع Ahmadi وآخرين (2017)، بعدما طبق الري الجزئي المتناوب والري الناقص بمعدل ثابت ومعدل متغير على مختلف مراحل النمو.

4-4-كفاءة استعمال المياه

تبين الجداول (16) و(17) أن معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API70TF) قد حققت في الموسم الأول أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه وبلغت ($6.59\ Kg.m^{-3}$)، تلتها معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API80TF) بقيمة بلغت ($6.34\ Kg.m^{-3}$) ثم معاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) بقيمة بلغت ($5.59\ Kg.m^{-3}$) ومعاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) بقيمة ($5.22\ Kg.m^{-3}$). وكانت نتائج كفاءة استعمال المياه في الموسم الثاني مشابهة للموسم الأول، حيث حققت معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API70TF) في الموسم الثاني أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه وبلغت ($10.56\ Kg.m^{-3}$)، تلتها معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API80TF) بقيمة بلغت ($10.03\ Kg.m^{-3}$) ثم معاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) بقيمة ($8.65\ Kg.m^{-3}$) ومعاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) بقيمة($8.26\ Kg.m^{-3}$).

كما يعود ارتفاع قيم كفاءة استعمال المياه في الموسم الثاني عما هي عليه في الموسم الأول إلى انخفاض كمية المياه الكلية المقدمة لهذه المعاملات في الموسم الثاني عما هي عليه في الموسم الأول، وذلك نتيجة لانخفاض الاستهلاك المائي الكلي لهذه المعاملات في الموسم الثاني مقارنةً مع الموسم الأول.

حيث تم توفير $1922\ m^3.h^{-1}$، 2193، 821، 1236 في معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF وAPI70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF)و (DI70TF) على التوالي مقارنةً مع معاملة الري الكامل في الموسم الأول، دون إحداث أي انخفاض معنوي في الإنتاجية، وذلك على عكس معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص المطبقة خلال كافة مراحل النمو التي ترافق بها الانخفاض في الاستهلاك المائي بانخفاض معنوي في الإنتاجية.

الأمر الذي يؤكد أهمية استخدام إحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج. حيث تم توفير المياه خلال الموسم الأول بنسب بلغت (29%) و(33%) و(12) و(18%) في المعاملات (API80TF) و(API70TF) و(DI80TF) و(DI70TF) على التوالي، مع الحفاظ على الإنتاجية التي انخفضت وبفروق غير معنوية مقارنة مع الشاهد. وكانت النتائج مشابهة خلال الموسم الثاني، حيث تم توفير المياه بكميات بلغت $m^3.h^{-1}$ 1778، 2006، 830، 1185 في معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF وAPI70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) و (DI70TF) على التوالي مقارنة مع الشاهد، دون إحداث أي انخفاض معنوي في الإنتاجية، وذلك على عكس معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص المطبقة خلال كافة مراحل النمو التي ترافق بها الانخفاض في الاستهلاك المائي بانخفاض معنوي في الإنتاجية.

ومنه عند استبدال طريقة الري الكامل للبطاطا بإحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج خلال الموسم الثاني تم توفير المياه بنسب بلغت (31%) و(35%) و(15%) و(21%) في المعاملات (API80TF) و(API70TF) و (DI80TF) و (DI70TF) على التوالي، مع الحفاظ على الإنتاجية التي انخفضت بفروق غير معنوية مقارنة مع معاملة الري الكامل.

وبالتالي فإن المحافظة على الغلة في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص في مرحلتي ملء الدرنات والنضج كان متلازماً بدوره مع ارتفاع جيد في قيمة كفاءة استعمال المياه في هذه المعاملات. وهذا يتفق مع Ali وKarim (2002) وWang وزملاؤه (2009).

4-5-معامل استجابة المحصول للإجهاد

تبين الجداول (16) و(17) أن معاملتي الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF وAPI70TF قد حققتا أقل القيم لمعامل استجابة المحصول للإجهاد وذلك خلال كلاً من موسمي الزراعة، بقيم 0.23، 0.26 على التوالي في الموسم الأول وبقيم 0.15، 0.16 على التوالي في الموسم

الثاني. حيث كانت قيمة الانخفاض في الإنتاجية في هاتين المعاملتين مقارنةً مع الري الكامل أقل من قيمة الانخفاض في الاستهلاك المائي الموسمي مقارنة مع معاملة الري الكامل. وذلك لأن المعاملتين وفرتا (1922 $m^3.h^{-1}$، 2193) في الموسم الأول و ($m^3.h^{-1}$ 1778، 2006) في الموسم الثاني من حجم الماء المستخدم في الري مقارنةً مع الري الكامل، مع انخفاض في إنتاجية المحصول بمقدار($Ton.h^{-1}$ 2.16، 2.74) في الموسم الأول و($Ton.h^{-1}$ 1.93، 2.28) في الموسم الثاني وبفروق غير معنوية في كلا الموسمين.

تلتهما معاملتي الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج بقيم 0.47، 0.33 على التوالي في الموسم الأول وبقيم 0.17، 0.26 على التوالي في الموسم الثاني. وبتوفير ($m^3.h^{-1}$ 821، 1236) في الموسم الأول وبتوفير ($m^3.h^{-1}$ 830، 1185) في الموسم الثاني في كميات ماء الري المستخدم مقارنة مع الري الكامل. مع انخفاض في إنتاجية المحصول بمقدار($Ton.h^{-1}$ 1.86، 1.97) في الموسم الأول و($Ton.h^{-1}$ 1.03، 2.22) في الموسم الثاني وبفروق غير معنوية في كلا الموسمين.

وفي المقابل كانت قيم معامل استجابة المحصول في جميع المعاملات المتبقية أكبر من الواحد، حيث طبق فيها الإجهاد خلال كامل مراحل النمو. حيث كانت قيمة الانخفاض في الإنتاجية في هاتين المعاملتين مقارنةً مع الري الكامل أكبر من قيمة الانخفاض في الاستهلاك المائي الموسمي مقارنة مع معاملة الري الكامل.

الجدول (16): قيم كفاءة استعمال المياه ومعامل استجابة المحصول للإجهاد الموسم الأول

المعاملات	حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	متوسط الإنتاجية $Ton.h^{-1}$	التغير في الإنتاجية $Ton.h^{-1}$	كفاءة استعمال المياه $Kg.m^{-3}$	معامل استجابة المحصول Ky
FI ري كامل (شاهد)	6738.6	-	32.72^{a}	–	4.86	
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3597.9	-3140.7	17.26^{bc}	−15.46	4.80	1.01
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	4816.9	-1921.7	30.56^{a}	−2.16	6.34	0.23
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3149.2	−3589.4	14.34^{c}	−18.38	4.55	1.05
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	4546	−2192.6	29.98^{a}	−2.74	6.59	0.26
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	5392.6	-1346	20.28^{b}	−12.44	3.76	1.90
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	5917.5	-821.2	30.86^{a}	−1.86	5.22	0.47
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	4715.3	−2023.3	17.30^{bc}	−15.42	3.67	1.57
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	5502.7	−1236	30.74^{a}	−1.97	5.59	0.33

الجدول (17): قيم كفاءة استعمال المياه ومعامل استجابة المحصول للإجهاد الموسم الثاني

المعاملات	حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	التغير في حجم الماء المستخدم في الري $m^3.h^{-1}$	متوسط الإنتاجية $Ton.h^{-1}$	التغير في الإنتاجية $Ton.h^{-1}$	كفاءة استعمال المياه $Kg.m^{-3}$	معامل استجابة المحصول Ky
FI ري كامل (شاهد)	5697.4		41.25 [a]	–	7.24	
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	2979.9	-2717.5	17.08 [bc]	-24.17	5.73	1.23
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3919.6	-1777.8	39.32 [a]	-1.93	10.03	0.15
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	2607.4	-3090	14.17 [d]	-27.08	5.44	1.21
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3691	-2006.4	38.98[a]	-2.28	10.56	0.16
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	4461.4	-1236	18.90 [b]	-22.35	4.24	2.50
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	4867.7	-829.6	40.22 [a]	-1.03	8.26	0.17
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	3902.7	-1794.7	16.63 [c]	-24.63	4.26	1.90
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	4512.1	-1185.1	39.03 [a]	-2.22	8.65	0.26

ونستنتج مما سبق أنه بإمكان نبات البطاطا تحمل ظروف الإجهاد المطبق في طريقتي الري الجزئي التناوب والري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج فقط. وكانت قد توصلت أبحاث Kirda وزملائه (1999) و Elhani وزملائه (2019) إلى أن البطاطا من المحاصيل الحساسة للإجهاد المائي، وأن نجاح تطبيق الإجهاد على البطاطا مرتبط بمرحلة النمو المطبق فيها. حيث بلغت قيمة معامل استجابة المحصول لدى لنقص المياه خلال كامل مراحل النمو 1.1 في أبحاث Kirda وزملائه (1999).

4-6-متوسط إنتاجية النبات الواحد (Average of plant Productivity)

تبين الجداول (18) و(19) نتائج تأثير تطبيق تقنيتي الري الجزئي المتناوب والري الناقص في متوسط إنتاجية النبات الواحد لمحصول البطاطا للصنف ايفرست (Everest). فنتيجةً للإجهاد المائي الحاصل عند تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص انخفضت إنتاجية النبات الواحد بفروق غير معنوية في كل من المعاملات (API80TF) ومعاملة (API70TF) ومعاملة (DI80TF) ومعاملة (DI70TF) مقارنة مع معاملة الري الكامل. وبنسب (7 ، 8، 6، 6 %) على التوالي في الموسم الأول، وبنسب (5 ، 6، 3، 5 %) على التوالي في الموسم الثاني.

حيث بلغت قيم إنتاجية النبات الواحد (613.49، 578.57، 576.51،572.98، 562.13 g. Plant^{-1}) في المعاملات (FI)، (DI80TF)، (DI70TF) ، ،(API80TF) (API70TF) على التوالي في الموسم الأول. بينما بلغت قيم إنتاجية النبات الواحد (773.49، 731.90، 754.13،730.79، 737.30 g. Plant^{-1}) في المعاملات (FI)، (DI80TF)، (DI70TF) ، ،(API80TF) (API70TF) على التوالي في الموسم الثاني. مما يدل على أن متوسط إنتاجية النبات الواحد في البطاطا للصنف ايفريست كان متشابهاً في معاملات الري الجزئي والمتناوب ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج.

بينما كان هذا الانخفاض في إنتاجية النبات الواحد بفروق معنوية في معاملات الري الجزئي المتناوب لكافة مراحل النمو التالية: (API80)، (API70)، (DI80)، (DI70) مقارنة مع معاملة الري الكامل، وبنسب

(47%) و(56%) و(38%) و(47%) على التوالي. حيث بلغت قيم متوسط إنتاجية النبات الواحد (613.49، 323.53، 268.80، 380.32، 324.29 g. Plant^{-1}) في المعاملات الري الكامل، (API80)، (API70)، (DI80)، (DI70)على التوالي في الموسم الأول. وبنسب (59%) و(66%) و(54%) و(60%) على التوالي. كما بلغت قيم متوسط إنتاجية النبات الواحد (773.49، 320.32، 265.71، 354.44، 311.75 g. Plant^{-1}) في المعاملات الري الكامل، (API80)، (API70)، (DI80)، (DI70)على التوالي في الموسم الثاني.

الجدول رقم (18): متوسط إنتاجية النبات الواحد لصنف البطاطا ايفرست للموسم الأول

المعاملات	متوسط إنتاجية النبات الواحد (g/Plant)	التغير في متوسط إنتاجية النبات الواحد (g/Plant)	التغير في إنتاجية النبات الواحد كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	613.49^{a}	–	–	56.6651
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	323.53^{bc}	−289.91	-47%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	572.98^{a}	−40.46	-7%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	268.80^{c}	-344.64	-56%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	562.13^{a}	-51.31	-8%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	380.32^{b}	−233.17	-38%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	578.57^{a}	−34.92	-6%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	324.29^{bc}	-289.21	-47%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	576.51^{a}	−36.98	-6%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (19): متوسط إنتاجية النبات الواحد لصنف البطاطا ايفرست للموسم الثاني

المعاملات	متوسط إنتاجية النبات الواحد (g/Plant)	التغير في متوسط إنتاجية النبات الواحد (g/Plant)	التغير في إنتاجية النبات الواحد كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	773.49^{a}			54.75
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	320.32^{bc}	-453.17	-0.59	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	737.30^{a}	-36.19	-0.05	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	265.71^{c}	-507.78	-0.66	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	730.79^{a}	-42.70	-0.06	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	354.44^{b}	-419.05	-0.54	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	754.13^{a}	-19.37	-0.03	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	311.75^{bc}	-461.75	-0.60	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	731.90^{a}	-41.59	-0.05	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

ونستنتج مما سبق أن نجاح تنفيذ إحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص على محصول البطاطا للصنف ايفرست يتطلب عدم تطبيقها في المراحل المبكرة من النمو، وأن الفترة المثالية للتطبيق تمتد خلال مرحلة نمو وامتلاء الدرنات حتى نهاية مرحلة النضج. وهذا يتفق مع Shahnazari وآخرين (2008). و Ali وKarim (2002). كذلك يتفق مع صالح وشهاب (2014). بينما يختلف مع Ahmadi وآخرين (2017)، بعدما طبق الري الجزئي المتناوب والري الناقص بمعدل ثابت ومعدل متغير على مختلف مراحل النمو.

4-7-حجم الدرنة (Tuber Size)

تبين الجداول (20) و(21) متوسط حجم درنة البطاطا للمعاملات المدروسة. حيث حققت كل من معاملتي الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج (API80TF) و(API70TF) ارتفاعاً في قيمة حجم درنات البطاطا بنسب بلغت (22% و17%) على التوالي مقارنة مع معاملة الري الكامل في الموسم الأول. وكانت هذه النتيجة نفسها خلال الموسم الثاني حيث حققت المعاملتين(API80TF) و(API70TF) ارتفاعاً في حجم الدرنات بنسب بلغت (17% و15%) مقارنة مع معاملة الري الكامل وكانت الفروق معنوية. كما لم يلحظ أي فروق معنوية فيما بين معاملتي الري الجزئي المتناوب المطبقتين في مرحلتي ملء الدرنات والنضج.

وأدى تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص خلال كافة مراحل النمو إلى انخفاض في حجم درنات البطاطا مقارنة مع معاملة الري الكامل وبنسبة (51% و56%) في المعاملتين الري الجزئي المتناوب (80%) من الري الكامل لكافة المراحل (API80) ومعاملة الري الجزئي المتناوب (70%) لكافة المراحل (API70) على التوالي في الموسم الأول، وبنسبة (66% و69%) على التوالي في الموسم الثاني.

بينما كانت الفروق غير معنوية في المعاملتين معاملة الري الناقص (80%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) ومعاملة الري الناقص (70%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) من حيث حجم الدرنات مقارنة مع معاملة الري الكامل. حيث بلغت قيم متوسط حجم الدرنة (360، 347، 345 ml) في المعاملات الري الكامل، معاملة الري الناقص (80%) من الري الكامل

لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) ومعاملة الري الناقص (70%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) على التوالي في الموسم الأول. بينما كانت القيم (304.67، 293.67، 293.33 ml) على التوالي في الموسم الثاني.

وبالنتيجة نجد أن معاملات الإجهاد المطبق خلال مرحلتي ملء الدرنات ونضجها قد حسنت من الصفات التسويقية للبطاطا وخاصة حجم الدرنات.

وفي المقابل أدى تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص لكافة مراحل النمو إلى انخفاض في حجم درنات البطاطا بفروق معنوية مقارنة مع معاملة الري الكامل وبنسبة (51%) في المعاملة (API80) وبنسبة (56%) في المعاملة (API70) في الموسم الأول، وبنسبة (66% و69%) في الموسم الثاني. بينما كان الانخفاض بنسبة (55%) في معاملة الري الناقص لكافة المراحل (DI80) و(60%) في معاملة الري الناقص لكافة المراحل (DI70) في الموسم الأول، وبنسبة 68 و71% للمعاملتين على التوالي في الموسم الثاني.

وهذا يقارب ما توصل إليه كل من Shahnazari وآخرين (2007) و Wang وآخرين (2009) و Shahnazari وزملاؤه (2008).

الجدول رقم (20): متوسط حجم درنة البطاطا للصنف ايفرست للموسم الأول

المعاملات	متوسط حجم الدرنة **(ml)**	التغير في حجم الدرنة **(ml)**	التغير في حجم الدرنة كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	360^{b}	-	-	-24.70
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	176^{c}	−184	−51%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	440^{a}	80	22%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	157^{cd}	−203	−56%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	418^{a}	61	17%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	163^{cd}	−197	−55%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	347^{b}	−13	-4%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	144^{d}	−216	−60%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	345^{b}	-15	-4%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (21): متوسط حجم درنة البطاطا للصنف ايفرست الموسم الثاني

المعاملات	متوسط حجم الدرنة (ml)	التغير في حجم الدرنة (ml)	التغير في حجم الدرنة كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	304.67[b]			12.14
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	104.33[c]	-200.33	-0.66	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	356.33[a]	51.67	0.17	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	93.33[c]	-211.33	-0.69	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	350.33[a]	45.67	0.15	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	99[c]	-205.67	-0.68	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	293.67 [b]	-11.00	-0.04	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	88.33 [d]	-216.33	-0.71	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	293.33 [b]	-11.33	-0.04	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

وتعود أفضلية تطبيق الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج من حيث حجم الدرنات إلى ارتفاع امتصاص النتروجين من التربة في معاملات الري الجزئي المتناوب مقارنة مع معاملات الري الكامل

والناقص، مما يحقق زيادة كبيرة في كمية النتروجين المتوفر في أوراق لسيقان النبات وبقاء المحصول أخضر لفترة أطول مما يعزز انتقال النتروجين إلى درنات البطاطا حتى فترات متأخرة من نمو المحصول. مما يرفع من محتوى الدرنات من البروتين والعناصر المغذية وبالتالي امتلاء الدرنات. حيث أن الترطيب والتجفيف المتكرر في منطقة الجذر في تقنية الري الجزئي المتناوب يمكن أن تحفز تمعدن النتروجين العضوي في التربة وبالتالي زيادة كميات النتروجين المتاح للنبات.

4-8-تقدير نسبة البروتين في البطاطا

تبين الجداول 22 و23 ارتفاع محتوى درنات البطاطا المروية بطريقة الري الجزئي المتناوب بالبروتين وبفروقً معنوية مقارنة بالري الناقص والكامل. وهو نسبة البروتين المكافئ للآزوت الكلي الذي تم تقديره وفق طريقة كلداهل. حيث بلغت قيم النسبة المئوية للبروتين في درنة البطاطا في الموسم الأول 3.23، 3.24، 3.16، 3.17، 2.76، 2.75، 1.89، 1.85، 2.80 للمعاملات API80، API80TF، API70 API70TF، DI80، DITF80 ، DI70، DI70TF، FI على التوالي. بينما بلغت قيم النسبة المئوية للبروتين في درنة البطاطا في الموسم الثاني 3.32، 3.35، 3.22، 3.26، 2.83، 2.85، 1.23، 1.26، 2.94. للمعاملات API80، API80TF API70 API70TF، DI80، DITF80 ، DI70، DI70TF، FI على التوالي.

بينما تبين عدم وجود فروق معنوية بمحتوى الدرنات من البروتين المكافئ للآزوت الكلي بين معاملات الري الكامل والري الناقص (80%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) والري الناقص (80%) من الري الكامل لكافة المراحل (DI80). بينما انخفض محتوى الدرنات من البروتين بفروق معنوية في المعامليتين الري الناقص (70%) من الري الكامل لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) والري الناقص (70%) من الري الكامل لكافة المراحل (DI70) مقارنة مع كافة المعاملات

وهذا يتوافق مع Ahmadi وزملائه 2016 و Wang وزملائه 2009 و Elhani وزملائه (2019) الذين طبقوا تجاربهم على البطاطا. كذلك تم التوصل إلى نفس النتيجة في دراسة أجراها Wang et al., (2012)

على محصول الذرة، وأخرى من قبل Sepaskhah and Hosseini, (2008) على القمح. حيث ارتفعت نسبة الآزوت الكلي في النباتات التي طبق عليها الري الجزئي المتناوب مقارنة مع طرق الري الأخرى.

الجدول رقم (22): متوسط نسبة البروتين في درنة البطاطا موسم أول

المعاملات	متوسط نسبة البروتين في درنة البطاطا %	التغير في نسبة البروتين في درنة البطاطا	التغير في نسبة البروتين في درنة البطاطا كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	2.80b			0.07
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3.23a	0.42	15%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.24a	0.44	16%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3.16a	0.35	13%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.17a	0.37	13%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	2.76b	-0.05	-2%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	2.75b	-0.05	-2%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	1.89c	-0.91	-32%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	1.85c	-0.95	-34%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (23): متوسط نسبة البروتين في درنة البطاطا للصنف ايفرست الموسم الثاني

المعاملات	نسبة البروتين في درنة البطاطا %	التغير في نسبة البروتين	التغير في نسبة البروتين كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	2.94b			0.13
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3.32a	0.38	13%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.35a	0.41	14%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	3.22a	0.28	10%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.26a	0.32	11%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	2.83b	-0.11	-4%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	2.85b	-0.10	-3%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	1.23c	-1.71	-58%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	1.26c	-1.68	-57%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

ونستنتج مما سبق أن الري الجزئي المتناوب يرفع من كفاءة استخدام عنصر الآزوت وبالتالي كمية البروتين في النبات. كما أن أسباب تعزيز امتصاص الآزوت في استراتيجيات الري بنظام الري الجزئي المتناوب يمكن أن ترجع إلى تعزيز نمو الجذور ومساحة سطح المجموع الجذري، الأمر الذي يساعد في تنشيط وزيادة امتصاص الآزوت. بالإضافة إلى تحفيز تمعدن الآزوت العضوي في التربة في ظل دورات الترطيب –التجفيف المتتالية في

تقنية الري الجزئي المتناوب. وهذا ما أكده أيضاً كل من Ahmadi وزملاؤه 2016 و Shahnazari وزملاؤه 2009و Wang وزملاؤه 2012.

4-9-المؤشرات الفيزيولوجية

4-9-1- نسبة متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري (Root to Shoot Ratio)

أدى الإجهاد المطبق إلى ارتفاع نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري، ووفقًا للجداول (24) و(25) كانت نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري أعلى ما يمكن في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص لكامل مراحل النمو وبفروق معنوية مقارنةً مع بقية المعاملات. ويعود ذلك للإجهاد الكبير الحاصل على النبات وبالتالي تكيف المجموع الجذري بحثاً عن المياه مما ينتج عنه زيادة وزنه ويقابله انخفاضاً في وزن المجموع الخضري. أما فيما يخص المعاملات التي حققت غلة جيدة ومشابهة معنوياً مع معاملة الري الكامل، وهي معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج، فقد تفوقت معاملتي الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج في قيمة الوزن الجاف للمجموع الجذري إلى الوزن الجاف للمجموع الخضري وبفروق معنوية على معاملتي الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج، وهذا يتفق مع Liu وزملائه (2015).

كما أنه لم يلحظ فروق معنوية بين معاملة الري الكامل ومعاملة الري الناقص 80% من الري الكامل في مرحلة ملء الدرنات والنضج. حيث بلغت القيم في الموسم الأول 13.77، 13.84، 12.43، 13.44، 12.35 للمعاملاتAPI80TF API70TF، DI80TF، DI70TF، FI على التوالي. بينما بلغت القيم في الموسم الثاني 13.65، 13.78، 11.47، 12.34، 11.43 للمعاملاتAPI80TF API70TF، DI80TF، DI70TF، FI على التوالي.

الجدول رقم (24): متوسط نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/ الوزن الجاف للمجموع الخضري الموسم الأول

المعاملات	متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري / الوزن الجاف للمجموع الخضري %	التغير في النسبة	التغير في النسبة كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	12.35d			0.10
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.68a	2.33	19%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	13.77b	1.42	11%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.70a	2.35	19%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	13.84b	1.49	12%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	14.61a	2.26	18%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	12.43d	0.08	1%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	14.62a	2.27	18%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	13.44c	1.09	9%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (25): متوسط نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري / الوزن الجاف للمجموع الخضري الموسم الثاني

المعاملات	متوسط الوزن الجاف للمجموع الجذري / الوزن الجاف للمجموع الخضري %	التغير في النسبة	التغير في النسبة كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	11.43d			0.145
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.33a	2.90	0.25	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	13.65b	2.22	0.19	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	14.35a	2.92	0.26	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	13.78b	2.35	0.21	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	14.21a	2.78	0.24	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	11.47d	0.04	0	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	14.26a	2.83	0.25	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	12.34c	0.91	0.08	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

حيث يبدي المجموع الجذري في ظروف الإجهاد المائي استجابة معاكسة لاستجابة المجموع الخضري، وتلاحظ هذه الاستجابة من خلال زيادة وزنه الجاف للتكيف مع الإجهاد المائي المطبق. حيث يتم تنشيط عمليات الاستقلاب في الجذور للحفاظ على نموه بحثاً عن المياه وقدرته على التنبؤ بالمحتوى المائي للتربة وإرسال

الإشارات الكيميائية من جهة، وللحصول على الطاقة اللازمة لامتصاص المياه والعناصر المعدنية بظروف الجفاف من جهة أخرى (Garriga *et al.*, 2014). وبالنتيجة زدادت قيمة نسبة الوزن الجاف للمجموع الجذري/الوزن الجاف للمجموع الخضري بازدياد مستوى الري الناقص المطبق أي بانحفاض المحتوى الرطوبي للتربة. وتوافقت هذه النتائج مع نتائج من الدراسات السابقة (Liu *et al*., 2015 Kirnak *et al*., 2002; Sharp, 1986).

4-9-2-نسبة مؤشر المساحة الورقية (Leaf Area Index)

تبين الجداول (26) و(27) عدم وجود فروق معنوية بين معاملات الري الجزئي المتناوب بمرحلتي ملء الدرنات والنضج ومعاملة الري الكامل فيما يخص مؤشر المساحة الورقية المحسوب في اليوم 65 بعد الزراعة. حيث كانت القيم في الموسم الأول 3.83، 3.79، 3.73 للمعاملات FI، API80TF، API70TF على التوالي. بينما كانت القيم في الموسم الثاني 4.43، 4.39، 4.34 للمعاملات FI، API80TF، API70TF على التوالي. كما أكدت النتائج انخفاض قيم مؤشر المساحة الورقية في معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص لكامل مراحل النمو بشكل كبير وبفروق معنوية مقارنةً مع معاملات الري الكامل والري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج. كما كانت قيم مؤشر المساحة الورقية في معاملي الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج أعلى بفروق معنوية مقارنة مع معاملتي الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج. حيث بلغت القيم 3.79، 3.76، 3.14، 3.08 للمعاملات API80TF، API70TF، DI80، DI70 على التوالي في الموسم الأول. وبلغت 4.39، 4.34، 3.63، 3.57 للمعاملات API80TF، API70TF، DI80، DI70 على التوالي في الموسم الثاني.

الجدول رقم (26): متوسط مؤشر المساحة الورقية الموسم الأول

المعاملات	متوسط مؤشر المساحة الورقية	التغير في مؤشر المساحة الورقية	التغير في مؤشر المساحة الورقية كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	3.83a			0.073
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	1.50c	-2.34	-61%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.79a	-0.05	-1%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	1.48c	-2.35	-61%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.76a	-0.07	-2%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	1.40d	-2.44	-64%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.14b	-0.69	-18%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	1.36d	-2.48	-65%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.08b	-0.76	-20%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

الجدول رقم (27): متوسط مؤشر المساحة الورقية الموسم الثاني

المعاملات	مؤشر المساحة الورقية	التغير في مؤشر المساحة الورقية	التغير في مؤشر المساحة الورقية كنسبة إلى الشاهد	اختبار LSD 0.05
FI ري كامل (شاهد)	4.43a			0.098
API 80 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	1.68c	-2.75	-62%	
API 80TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	4.39a	-0.04	-1%	
API 70 ري جزئي متناوب لكافة المراحل	1.59c	-2.84	-64%	
API 70TF ري جزئي متناوب في مرحلة ملء الدرنات والنضج	4.34a	-0.09	-2%	
DI80 ري ناقص لكافة المراحل	1.35d	-3.08	-70%	
DI80TF ري ناقص في مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.63b	-0.80	-18%	
DI70 ري ناقص لكافة المراحل	1.30d	-3.13	-71%	
DI70TF ري ناقص مرحلة ملء الدرنات والنضج	3.57b	-0.86	-19%	

*تشير الأحرف المتباينة إلى وجود فروق معنوية مستوى ثقة 95%.

نستنتج مما سبق أن تقنية الري الجزئي المتناوب تجعل النبات يميل إلى زيادة مساحة المسطح الورقي والتأخير من شيخوخة الأوراق خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج. وهذا يتوافق نتائج shahnazari وزملائه (2008) الذي أكد ارتفاع قيم هذا المؤشر بعد 42 يوم من الإنبات في معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء

الدرنات والنضج بفروق معنوية مقارنة مع معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص خلال كامل مراحل النمو. كما ارتفعت قيمة مؤشر المساحة الورقية بعد 42 يوم من الإنبات في معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج بفروق غير معنوية عن معاملة الري الكامل. كذلك أشار الباحث إلى أن قيم مؤشر المساحة الورقية بعد 27 يوم من الإنبات أعلى بقيم معنوية في معاملات الري الكامل والري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج مقارنة مع معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص خلال كامل مراحل النمو.

بينما تختلف النتائج مع ما توصل إليه Saeed وزملائه (2005) وربما يعود ذلك إلى انخفاض مستوى الري المطبق في معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج حتى 50% من السعة الحقلية. حيث أشارت نتائجه إلى تقارب قيمة مؤشر المساحة الورقية في معاملة الري الجزئي المتناوب 100% مع قيمتها في معاملة الري الكامل وتفوقها على بقية المعاملات.

الفصل الخامس: الخاتمة والاستنتاجات والتوصيات

5-1-الخاتمة

نفذ البحث لدراسة إمكانية تحسين كفاءة استعمال المياه لمحصول البطاطا (الصنف ايفرست) من خلال مقارنة تطبيق الري الجزئي المتناوب والري الناقص والتحري عن مراحل النمو المثلى لتطبيق الإجهاد.

كما توصل هذا البحث للعديد من النتائج والإضافات العلمية وهي على الشكل التالي:

- في الموسم الأول حققت كل من معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF و API70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج DI80TF و DI70TF توفيراً بكمية المياه المقدمة بقيم بلغت $1922\ m^3.h^{-1}$ ، 2193، 821، 1236 على التوالي مقارنةً مع كمية المياه المقدمة لمعاملة الري الكامل. وكانت النتائج مشابهة خلال الموسم الثاني، حيث تم توفير $1778\ m^3.h^{-1}$، 2006، 830، 1185 من كميات المياه المقدمة لمعاملة الري الكامل، وذلك في معاملات الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج API80TF و API70TF ومعاملات الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج DI80TF و DI70TF على التوالي.
- تفوقت معاملات الري الجزئي المتناوب والري الناقص التي طبق فيها الإجهاد خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج فقط في الإنتاجية على باقي المعاملات التي طبق فيها الإجهاد خلال كامل موسم النمو، حيث لم تكن هناك فروقاً معنوية في الإنتاجية لدى المعاملات المتفوقة مقارنة مع معاملة الري الكامل.
- حققت معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API70TF) أعلى قيمة لكفاءة استعمال المياه تلتها معاملة الري الجزئي المتناوب لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (API80TF) ثم

معاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI70TF) ومعاملة الري الناقص لمرحلتي ملء الدرنات والنضج (DI80TF) وذلك خلال موسمي الزراعة. كما كانت قيم معامل استجابة المحصول للإجهاد المطبق في هذه المعاملات أقل من الواحد، الأمر الذي يؤكد تحمل نبات البطاطا لظروف الإجهاد المطبق في طريقتي الري الجزئي التناوب والري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج فقط.

- حسنت معاملات الري الجزئي المتناوب المطبق خلال مرحلتي ملء الدرنات ونضجها من الصفات التسويقية للبطاطا وخاصة حجم الدرنات. حيث حقق تطبيق الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج ارتفاعاً في قيمة حجم درنات البطاطا. فحققت المعاملتان API80TF و API70TF ارتفاعاً في حجم الدرنات بنسب بلغت (22% و17%) على التوالي مقارنة مع معاملة الري الكامل في الموسم الأول. وكانت هذه النتيجة نفسها خلال الموسم الثاني حيث حققت المعاملتان (API80TF) و(API70TF) ارتفاعاً في حجم الدرنات بنسب بلغت (17% و15%) مقارنة مع معاملة الري الكامل وكانت الفروق معنوية.
- حققت معاملات الري الجزئي المتناوب ارتفاعاً في نسبة البروتين المكافئ للآزوت الكلي في الدرنة وبفروق معنوية مقارنةً مع معاملات الري الكامل والري الناقص.

ومما سبق يتبين أهمية تطبيق تقنية الري الجزئي المتناوب على نبات البطاطا في مرحلتي ملء الدرنات والنضج لما تحققه من ميزات كرفع كفاءة استعمال المياه دون إحداث أي انخفاض معنوي في الإنتاجية، بالإضافة لتفوق هذه التقنية على تقنية الري الناقص فيما يخص رفع المواصفات النوعية والتسويقية لمحصول البطاطا كحجم الدرنات ومحتوى الدرنة من البروتين.

5-2-الاستنتاجات (Conclusions):

1- تعد تقنية الري الجزئي المتناوب تقنية ري واعدة لتوفير المياه من خلال رفع قيمة كفاءة استعمال المياه في محصول البطاطا دون انخفاض معنوي في الغلة مقارنة مع الري الكامل.

2- يمكن تطبيق إحدى طريقتي الري الجزئي المتناوب خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج والري الناقص خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج من نمو البطاطا، وذلك عند مستوى ري 80% أو 70% من الري الكامل.

3- حقق الري الجزئي المتناوب ميزات تسويقية عالية لدرنات البطاطا كالحجم متفوقاً بذلك على كل من الري الكامل والناقص.

4- أكدت النتائج أن نجاح تنفيذ الري الجزئي المتناوب أو الري الناقص على محصول البطاطا مرهون بتطبيقه فقط خلال مرحلتي ملء الدرنات والنضج من مراحل نمو النبات.

5- يرفع تطبيق الري الجزئي المتناوب بشكل معنوي من محتوى درنات البطاطا بالبروتين مقارنة بالري الكامل والناقص.

5-3-التوصيات

1- أهمية دراسة مدى تأثير تطبيق الري الجزئي المتناوب في رفع كمية البروتين في محاصيل أخرى عالية المحتوى بالبروتين (كالبقوليات والقمح والمحاصيل العلفية).

2- أهمية تطبيق الري الجزئي المتناوب كتقنية موفرة للمياه في المشاريع الاستراتيجية التي تزرع بمساحات واسعة ضمن القطاع العام.

المراجع

1-الخير، حسن.، أبو طراب، سمير.، القش، حسين.2000. **إنتاج الخضار للمعاهد المتوسطة الزراعية**. منشورات جامعة دمشق. 20 (2): 265-280.

2-الضرير، عبد الناصر.، جانات، مصدق.، وهبي، عمار.، أرسلان، أواديس.، الخالدي، عبد الغني. 2011. تأثير الجفاف الجزئي لمنطقة الجذور في الغلة الحبية وكفاءة استخدام السماد الأزوتي للذرة الصفراء [Zea mays L.] تحت نموذجين للري بالتنقيط. **مجلة بحوث جامعة الفرات- سلسلة العلوم الزراعية** 15.

3-بوراس، ميتادي.، أبوترابي، بسام.، البسيط، ابراهيم. 2006 . **إنتاج محاصيل الخضر(الجزء النظري)**. كلية الزراعة-جامعة دمشق.

4- حسين، فؤاد. 2012. دراسة تأثير الري الناقص العادي والري الجزئي المتناوب في محصول القطن. أطروحة دكتوراه. **مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية**، 28: (2) 555-569.

5- صالح، محمد. أحمد.، شهاب، رمزي. محمد. 2014. تأثير الري الناقص والتغطية في الاستهلاك المائي وحاصل البطاطا في تربة جبسية تحت الري بالتنقيط. **مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية**، 14: (3) 1813-1646. العراق.

6- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2022). **المجموعة الإحصائية الزرعية**. ص: 80.

References

1. Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R. 2017.Compatibility of root growth and tuber production of potato cultivars with dynamicand static water-saving irrigation managements. **Soil use and management**,33,106-119. Iran.
2. Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R. 2016. Water-saving irrigation strategies affect tuber water relations and nitrogen content of potatoes. **International Journal of Plant Production**, 10 (3): 275-288. Iran.
3. Ahmadi, S. H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A. A., Sepaskhah, A. R. 2014.Effects of dynamic and static deficit and partial root zone drying irrigation strategies on yield, tuber sizes distribution, and water productivity of two field grown potato cultivars. **Agricultural Water Management**, 134: 126– 136. Iran.
4. Ahmadi, S.H., Andersen, M.N., Plauborg, F., Poulsen, R.T., Jensen, C.R., Sepaskhah, A.R., Hansen, S., 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Gas exchange and xylem [ABA]. **Agricultural Water Management**, 97: 1486-1494. Iran.
5. Ali,M.H., Karim, Nazmun. (2002). Effect of deficit irrigation at different growth stages on the yield of Potato. **Pakestan Jornal of biological sciences.** 5 (2): 128-134. Bangladesh.
6. Al-Omran, Abdulrasoul.M., Louki, Ibrahim.L. (2023). Effect of Partial Root-Zone Drying Irrigation System and Regular Deficit Irrigation in Water Saving and Yield of Greenhouse and Open Field Cucumbers in Saudi Arabia. **ResearchGate**: DOI:10.20944/preprints202308.2115.v1.
7. Al-omran, A., Louki, II., Aly, A.A.A. (2014). Acomparative study of the impact of deficit irrigation on Cucumber yields planted in a greenhouse

and an open field in an arid environment. **WIT transactions on ecology and the Environment**, 185: 113-124.

8. Al-omran, A., Louki, II., Aly, A.A., Nadeem, M.E. (2013). Impact of Deficit Irrigation on Soil Salinity and Cucumber Yield under Greenhouse Condition in an Arid Environment. **J. Agr. Sci. Tech**, 15(6): 1247-1259.

9. Al-Omran, A. M., Sheta, A. S., Falatah, A. M., Al-Harbi, A. R. (2005). Effect of drip irrigation on squash (Cucurbita pepo) yield and water-use efficiency in sandy calcareous soils amended with clay deposits. **Agricultural Water Management**, 73: 43–55.

10. Amer, K.H. (2011). Effect of irrigation method and quantity on squash yield and quality. **Agricultural Water Management,** Egypt, 98 (8): 1197–1206.
11. Amer, K.H., Midan, S.A., Hatfield,J.L. (2009). Effect of Deficit Irrigation and Fertilization on Cucumber. **Agron**. J. 101: 1556-1564.

12. Ayas, S., Demirta, C.(2009). Deficit irrigation effects of Cucumber (Cucumis Sativas L. Maraton) yield in Unheated Greenhouse condition. **Inter. J. Food Agric. Enviro**., 7: 645-649.
13. Costa, J.M., Ortuño, M.F., Chaves, M.M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to save water: physiology and potential application to horticulture. **J. Integr. Plant Biol**. 49, 1421–1434.
14. Dodd, I.C., Puértolas, J., Huber, K., Pérez-Pérez, J.G., Wright, H.R., Blackwell, M.S., 2015. The importance of soil drying and re-wetting in crop phytohormonal and nutritional responses to deficit irrigation. **J. Exp. Bot**, 66, 2239–2252.
15. El Bergui, Omnia., Abouabdillah, Aziz., Bouabid, Rachid., El Jaouhari, Nabil., Brouziyne, Youssef., Bourioug, Mohamed. (2020). Agro-physiological response of potato to “sustainable” deficit irrigation in the

plain of Saïs, Morocco. E3S Web of Conferences 183, 03001, doi.org/10.1051/e3sconf/202018303001.

16. El-Dewiny, C.Y., (2011). Water and fertilizer use efficiency by Squash grown under stress on sandy soil treated with acrylamide hydrogels**. J. Appl. Sci. Res**, 7: 1828–1833.
17. Elhani, Sliman., Maroua, Haddadi., Csákvári, Edina ., Hamim, Ahlam. (2019). Effects of partial root-zone drying and deficit irrigation on yield, irrigation water-use efficiency and some potato (Solanum tuberosum L.) quality traits under glasshouse conditions. **Agricultural Water Management**, 224. DOI:10.1016/j.agwat.2019.105745. Morocco.
18. English, M.J., Musick, J.T. , Murty, V.V. (1990). Deficit irrigation. In: Hoffman, G.J., Towell, T.A., Solomon, K.H, eds. Management of Farm Irrigation System. St. Joseph, Michigan, United States of America, ASAE, **Agricultural Water Management**, 17:631-633.
19. Ertek, Ahmet ., Sensoy, Suat ., Küçükyumuk, Cenk ., Gedik, Ibrahim. 2004. Irrigation frequency and amount affect yield components of summer squash (Cucurbita pepo L.). **Agricultural Water Management** 67(1):63-76.
20. Eugenio, N., Marcella, M. G., Giuseppe, G .,Antonio, D. C.(2012). Yield Response to Deficit Irrigation and Partial Root-Zone Drying in Processing Tomato (Lycopersicon esculentum Mill**.). Journal of Agricultural Science and Technology** A 2 209-219.Italy.
21. FAO, 2024. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. International Day of Potato | 30 May.
22. FAO,2023. Statistical Yearbook 2023.
23. FAO. (2002). **Deficit irrigation Scheduling based on Plant growth Stages showing water Stress tolerance. Deficit irrigation practices**, 22: 3-10.

24. FAO 56. (1998). Crop Evapotranspiration (guidelines for computing **crop water requirements).** Italy. Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes,D., Smith, M. (1998). FAO Irrigation and Drainage Paper, 1-300.
25. FAO, 22. Shock, C.C., Feibert, E.B.G. (1995). Deficit irrigation of potato. Malheur Experiment Station, Oregon State University, Oregon, United States of America. In: Deficit irrigation practices,: 47-55
26. Garriga , A.G., Sardans, J., Trujillo, M.P., Ubach , A.R., Oravec , M., Vecerova, K., Urban, O., Jentsch, A., Kreyling, J., Beierkuhnlein, C., Parella, T., Penuelas, J. (2014). Opposite metabolic responses of shoots and roots to drought. **Scientific reports**, 4: 2045-2322.
27. Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agric. **Water Manage**. 96, 1275-1284.
28. Gultekin, Rohat., Ertek, Ahmet. (2018). Effects of deficit irrigation on the potato tuber development and quality**. Int J Agric Environ Food Sci** 2(3):93-98.
29. Ierna, Anita., Mauromicale, Giovanni. (2023). Eco-Physiological and Productive Response of Deficit Irrigated Potatoes. **Agronomy**, 13, 591.
30. Kang, S.Z., Zhang, J.H.(2004). Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences andimpact on water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, 55 (407): 2437-2446.
31. Kifle, Tamirneh., Nigussie, Worku., Deboch, Aregash. (2024). Evaluation of Deficit Irrigation on Potato Yield and Water use Efficiency in Gedeo Zone, South Region. **Middle East Research Journal of Agriculture and Food Science**, 4(1): 15-19.
32. Kirda,C., Dasgan,H.Y.(2007) PARTIAL ROOTZONE DRYING (PRD) IS A NEW TECHNIQUE FOR SOILLESS GROWN VEGETABLES. **International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter**

Climates: Advances in Soil and Soilless Cultivation under Protected Environment, Morocco.

33. Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R., Ozguven, A. I. (2004). Yield response of greenhouse grown Tomato to partial root drying and Conventional deficit irrigation. **Agric. Water Manag**., 69: 191-201.
34. Kirda, C. (2002). In: FAO Corp. Doc. Rep. (Ed.), deficit irrigation Scheduling based on Plant growth Stages showing water Stress tolerance. Deficit irrigation practices, FAO, 22: 3-10.
35. Kirda, C. (2000). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit Irrigation Practices.
36. Kirda, C., Moutonnet, P., Hera, C. & Nielsen, D.R. (eds.) 1999. Crop yield response to deficit irrigation. **Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.**
37. Kirda, C., Kanber, R., Tulucu, K. (1996). Yield response of cotton, maize, soybean, sugarbeet, sunflower and wheat to deficit irrigation. In: Nuclear techniques to assess irrigation schedules for field crops. IAEA, Vienna, 271: 243-260.

38. Kirnak, H.,Tas, E., Kaya, C., Higgs, D. (2002). Effects of deficit irrigation on growth, yield, and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions. **Australian Journal of Agricultural Research**, 53: 1367–1373.

39. Liu, C., Rubæk, G.H., Liu, F., Andersen, M.N., 2015. Effect of partial root zone drying and deficit irrigation on nitrogen and phosphorus uptake in potato. **Agric. Water Manage**. 159, 66–76.

40. Liu, F., Song, R., Zhang, X., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Plauborg, F., Jacobsen, S.E. Jensen, C.R., 2008.Measurement and modeling of ABA signaling in potato (Solanumtuberosum L.) during partial root-zonedrying. **Environmental and Experimental Botany**, 63: 385-391.

41. Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2006a. Physiological responses of potato(Solanumtubersum L.) to partial

root-zone drying: ABA signaling, leaf gas exchange, and water use efficiency. **Jour. of Experimental Botany**, 57: 3727-3735.

42. Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2006b. Effects of deficit irrigation (DI) andpartial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, andwater use efficiency in potato. **Scientia Horticulturae**, 109: 113-117.

43. Masood, Tareq. Kamal. (2022). Effect of Partial Alternate Furrow Irrigation Management on Water and Potato Yield Productivity**. Indian Journal of Ecology**, 49 (18): 101-104.

44. Nasseri, Abolfazl., Bahramloo, Reza. (2013). Deficit Irrigation of Potato: Santeh Cultivar**. ResearchGate**, ISBN: 3659361593.

45. Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A. (2002). Irrigation management under water scarcity.Agric**. Water Manage**, 57: 175–206.

46. Saeed, H., Grove, I.G., Kettlewell, P.S., Hall, N.W., 2008. Potential of partial root zone drying as an alternativeirrigation technique for potatoes (Solanumtuberosum). **Annals of Applied Botany**, 152: 71-80.

47. Saeed, H., Grove, I.G., Kettlewell, P.S., Hall, N.W., 2005. Potato root and shoot growth under different water management strategies. **Asp. Appl. Biol**. 73, 85–91.

48. Shahnazari, A., Ahmadi, S.H., Lærke, P.E., Liu, F., Plauborg, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., Andersen, M.N., 2008. Nitrogen dynamics in the soil-plant system under deficit and partial root-zone drying irrigationstrategies in potatoes. **Europ. Jour. of Agro**., 28: 65-73. Denmark.

49. Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying onyield, tuber size and water use efficiency inpotato under field conditions. **Field Crops Research**, 100: 117-124. Denmark.

50. Shi, Sh., Fan, M., Iwama, K., Li, F., Zhang, Z., Jia, L., 2015. RWC values are one of the most reliableindicators for defining water retention in plants. **Int. J. Plant Prod**. 9, 305-320.

51. Sepaskhah, A.R., Hosseini, S.N. (2008). Effects of alternate furrow irrigation and nitrogen application rates on winter wheat (TricticumaestivumL.)yield, water- and nitrogen- use efficiencies. **Plant Pro Sci.** 11, 250-259.

52. Stewart, J.I., Cuenca, R.H., Pruitt, W.O., Hagan, R.M., Tosso, J. (1977). Determination and utilization of water production functions for principal california crops. W-67 California Contributing Project Report. Davis, United States of America, University of California. In: Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices,22: 3-10.

53. SU,Q., Liu, X., Liu, D.(2010). Effects of irrigation upper and lower limits on growth and yield of eggplant under partial rootzone conditions. [J]. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE),** 2010, 26(6): 52-57

54. Tabatabaei, Sayyed. Hassan., Rohollah, Fatahi. Nafchi., Najafi, Payam., Karizan, Mohammad. Mehdi., Nazem, Zohreh. (2017).Comparison of traditional and modern deficit irrigation techniques in corn cultivation using treated municipal wastewater.**Int J Recycl Org Waste Agricult**, 6:47–55.

55. Taleb, Hussein. Said., Suleiman, Aymen. A., Abu-Rayyan, Azmi. M., Ekhmaj, Ahmed. I., Benzaghta, Mostafa. A. (2022). **Al-Mukhtar Journal of Sciences** 37 (4): 316-328.

56. TerraGIS. (2007). **Terra Gis soil.** Public University in Kensington, Australia.

57. Tolba, Ramadan., Abou-Shleel, Samir. Masoud., El-Shirbeny, Mohammed. A., Fouad, Zakaria. (2023). Assessment of Potato Growth

and Yield under Smart Irrigation. Egyptian Journal of Soil Science, 63 (4): 553-569.

58. Wang, Z., Liu, F., Kang, S., Jensen, J.R., 2012. Alternate partial root-zone drying irrigation improves nitrogen nutrition in maize (Zea mays L.) leaves. **Environ Exp Botany**. 75, 36-40.

59. Wang, Huiqun., Liu, Fulai., Andersen, Mathias. N., Jensen, Christian. R. (2009). Comparative efects of partial root-zone drying and deWcit irrigation on nitrogen uptake in potatoes (Solanum tuberosum L.). **Irrig Sci** (2009) 27:443–448.

60. Yang, Pei., Wu, Lifeng., Cheng, Minghui., Fan, Junliang., Li, Sien., Wang, Haidong., Qian, Long. 2023. Review on Drip Irrigation: Impact on Crop Yield, Quality, and Water Productivity in China. **Water**, 15(9), 1733.

61. Zegbe, J.A., Behboudian, M.H., Clothier, B.E., (2006). Responses of 'Petopride' processing tomato to partial rootzone drying at different phenological stages**. Irrig. Science**, 24: 203-210

Abstract

This research was conducted in AL-derkhabia in countryside rural Damascus by applying two agricultural seasons in the years 2021 and 2022. The Potato tubers was planted on 8 April (Summer season), to study the possibility of improving the water use efficiency of Potatoes crop (Everest variety) by Comparing the application of Alternating partial irrigation and Deficit irrigation. The experiment was designed by simple random design with nine treatments of different amounts of water during plant growth stages in three replications for each treatment on the level of confidence 95% .

The treatments were as follows: Full irrigation treatment FI (control), Two alternating partial irrigation treatments: 80% and 70% of full irrigation for all growth stages, and two alternating partial irrigation treatments are 80% and 70% of the full irrigation for the tuber filling and maturity stages. And two Deficit irrigation treatments 80% and 70% of full irrigation for all growth stages. And two Deficit irrigation treatments are 80% and 70% of the full irrigation for the tuber filling and maturity stages.

The results showed that there were no significant differences in productivity between the treatment 100% of full irrigation and each of treatments of Alternating partial irrigation 80% and 70% of full irrigation for the two stages (tuber filling and maturity) and Deficit irrigation 80% and 70% of full irrigation for the two stages (tuber filling and maturity) and the values was (32.72, 30.56, 29.98, 30.86, 30.74 $Ton.h^{-1}$ respectively) during the first season. And (41.25 39.32, 38.98, 40.22, 39.03$Ton.h^{-1}$ respectively) during the second season. While the results showed that there were significant differences in productivity between the treatment 100% of full irrigation, and each of the treatments Alternating partial irrigation for all stages of growth 80 and 70% of Full irrigation, and the treatments of Deficit irrigation for all stages of growth 80 and 70% of Full irrigation, with a percentage decrease of 47%, 56%, 38% and

47%, respectively during the first season, and 59%, 66%, 54% and 60%, respectively during the second season.

The highest value of water use efficiency was recorded in Alternating partial irrigation treatment for the two stages (tuber filling and maturity) 70% of Full irrigation, with a value of 6.59 $Kg.m^{-3}$ during the first season and 10.56 $Kg.m^{-3}$ during the second season. And it was followed by the treatment Alternating partial irrigation for both stages (tuber filling and maturity) 80% of Full irrigation with a value of 6.34 $Kg.m^{-3}$ during the first season, and 10.03 $Kg.m^{-3}$ during the second season. And each of two treatments Alternating partial irrigation 80% and 70% of full irrigation for the two stages (tuber filling and maturity) achieved the highest values of tuber size with significant differences compared to the full irrigation treatment, with values (440, 418, 360 ml respectively) during the first season, and (305, 350, 356 ml respectively) during the second season.

Key words: Alternating partial irrigation, Deficit irrigation, Potatoes, Water use efficiency, Productivity.

Syrian Arab Republic
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Damascus University
Faculty of Agricultural Engineering
Department of Rural Engineering

Optimal growth stage for applying Alternative Partial Irrigation on Potatoes

A thesis submitted for the degree of Doctorate in Agricultural Engineering (Rural Engineering Department)

By

Rima Kasem Alahrashi

Supervisors

Main Supervisor

Prof. Abdulwahab Merai

Department of Food Science

Faculty of Agricultural Engineering

Damascus University

Co-Supervisor

Prof. Ihab Jnad

Department of Rural Engineering

Faculty of Agricultural Engineering

Damascus University

2024 AD